

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE VETERINARIA



TESIS DOCTORAL

**Adulteración, contaminación y concentración de principios
psicoactivos de la resina de cannabis consumida en la
Comunidad de Madrid**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Manuel Pérez Moreno

Directoras

Pilar Pérez Lloret
Inmaculada Santos Álvarez

Madrid

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE VETERINARIA
DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA
SECCIÓN DEPARTAMENTAL EN FACULTAD DE VETERINARIA



**Adulteración, Contaminación y Concentración
de Principios Psicoactivos de la
Resina de Cannabis Consumida en la
Comunidad de Madrid**

TESIS DOCTORAL

Manuel Pérez Moreno

DIRECTORES: Dra. Pilar Pérez Lloret
Dra. Inmaculada Santos Álvarez

Madrid, 2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

D./Dña. Manuel Pérez Moreno,
estudiante en el Programa de Doctorado de Veterinaria,
de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de
Madrid, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y
titulada:

Adulteración, Contaminación y Concentración de Principios Psicoactivos de la
Resina de Cannabis consumida en la Comunidad de Madrid.

y dirigida por: Inmaculada Santos Álvarez y Pilar Pérez Lloret.

DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Madrid, a 7 de mayo de 2019

Fdo.:



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA
SECCIÓN DEPARTAMENTAL EN FACULTAD DE VETERINARIA

PILAR PÉREZ LLORET, PROFESORA ASOCIADA DEL DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA, SECCIÓN DEPARTAMENTAL EN FACULTAD DE VETERINARIA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID e

INMACULADA SANTOS ÁLVAREZ, PROFESORA CONTRATADA DOCTORA INTERINA DEL DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA, SECCIÓN DEPARTAMENTAL EN FACULTAD DE VETERINARIA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID,

INFORMAN QUE: D. MANUEL PÉREZ MORENO, Licenciado en Farmacia por la Universidad de Alcalá de Henares, ha realizado bajo nuestra dirección el trabajo de investigación **"Adulteración, contaminación y concentración de principios psicoactivos de la resina de cannabis consumida en la Comunidad de Madrid"**, estudio que consideramos completamente satisfactorio para ser presentado y defendido como Tesis Doctoral en la Universidad Complutense de Madrid.

Lo que firmamos en Madrid a siete de marzo de 2019

Fdo.: Pilar Pérez Lloret
Directora

Fdo.: Inmaculada Santos Álvarez
Directora

AGRADECIMIENTOS:

*a las Dras. **Pilar Pérez Lloret** e **Inmaculada Santos Álvarez**, por su generosidad al poner sus conocimientos de forma desinteresada a mi alcance, por su paciencia infinita en la realización de este trabajo y por su apoyo, motivación y dedicación en todo momento.*

*a la **Universidad Alfonso X el Sabio**, por permitirme de forma altruista realizar en sus laboratorios la mayor parte de este trabajo.*

*a la **Fundación CANNA** por poner sus conocimientos y sus instalaciones a mi disposición para el desarrollo de una parte fundamental de este trabajo.*

DEDICATORIA:

*a mis hijos, **Guillermo y Ana,***

ÍNDICE

ABREVIATURAS	<i>iv</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>v</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>ix</i>
RESUMEN	<i>x</i>
SUMMARY	<i>xiii</i>
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
REFERENCIA HISTÓRICA DEL CANNABIS Y SUS DERIVADOS	3
LA RESINA DE CANNABIS (HACHÍS)	10
<i>Definición</i>	10
<i>Origen: Cannabis sativa L.</i>	10
<i>Composición</i>	14
<i>Sustancias Psicoactivas</i>	17
FORMAS DE CONSUMO DEL HACHÍS	20
EFECTOS DEL HACHÍS SOBRE LA SALUD FÍSICA Y MENTAL	22
PRODUCCIÓN DE HACHÍS	24
TRANSPORTE DEL HACHÍS	29
ADULTERACIÓN Y CONTAMINACIÓN	33
<i>Definición y Clasificación</i>	33
Adulteración Intencionada	33
Contaminación Microbiológica (No Intencionada)	35
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	39
MATERIALES Y MÉTODOS	42
MATERIALES	43
<i>Muestras</i>	43
Recogida de Muestras	44
Clasificación y Conservación de las Muestras	45
<i>Material para el Análisis Macroscópico, Microscópico y Organoléptico</i>	46
<i>Material para el Análisis Químico (Determinación de Adulterantes)</i>	46
Material Inventariable	46
Material Fungible	46

<i>Material para el Análisis Microbiológico</i>	47
Material Inventariable	47
Material Fungible	47
<i>Material para el Análisis Físico-Químico (Determinación de Otros Adulterantes y Principios Psicoactivos)</i>	48
Material Inventariable	48
Material Fungible	49
MÉTODOS	50
<i>Método de Análisis Macroscópico</i>	51
Descripción y Protocolo	51
<i>Método de Análisis Microscópico</i>	52
Descripción y Protocolo	53
<i>Método de Análisis Químico: Determinación de Adulterantes</i>	53
Determinación de Glúcidos	53
Determinación de Derivados Opiáceos y Cocaína	54
Determinación de Derivados Anfetamínicos	55
Determinación de ovoalbúmina	56
<i>Método de Análisis Microbiológico</i>	57
Descripción y Protocolo	57
Análisis Complementario	60
<i>Método de Análisis Físico-Químico: Determinación de Otros Adulterantes y Principios Psicoactivos</i>	61
Determinación de Ácido Abiético	61
Determinación de Lawsone (Henna)	63
Determinación de Principios Psicoactivos (HPLC-uv)	64
<i>Método de Valoración de la Calidad de las Muestras</i>	66
<i>Criterios para Considerar una Muestra No Apta para el Consumo Humano</i>	66
<i>Método Estadístico</i>	67
RESULTADOS	69
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LAS MUESTRAS	71
ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXTRAÑOS	78
ADULTERACIÓN DE LAS MUESTRAS	81
<i>Determinación de Glúcidos</i>	81

<i>Determinación de Derivados Opiáceos y Cocaína</i>	82
<i>Determinación de Anfetaminas y Éxtasis</i>	82
<i>Determinación de Ovoalbúmina</i>	83
<i>Determinación de Henna y Resina de Pino</i>	83
VALORACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA	84
<i>Determinación de Escherichia coli</i>	84
Resultados de los Análisis Complementarios	86
<i>Determinación de Hongos del Género Aspergillus</i>	87
MUESTRAS NO APTAS PARA EL CONSUMO HUMANO	91
DETERMINACIÓN DE PRINCIPIOS PSICOACTIVOS	93
<i>Calidad de las Muestras</i>	97
DISCUSIÓN	102
HOMOGENEIDAD DE PESOS Y PRECIOS	103
PRESENCIA DE ELEMENTOS EXTRAÑOS	104
ADULTERACIÓN DE LAS MUESTRAS	105
CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA	108
MUESTRAS APTAS PARA EL CONSUMO HUMANO	112
PRINCIPIOS PSICOACTIVOS	112
<i>Principios Psicoactivos en Relación con las Características Organolépticas</i>	117
CONCLUSIONES	120
REFERENCIAS	122

ABREVIATURAS

Δ^9 -THC:	Delta ⁹ tetrahidrocannabinol.
Δ^9 THC-a:	Delta ⁹ tetrahidrocannabinol ácido.
Δ^9 THC-n:	Delta ⁹ tetrahidrocannabinol neutro.
CBD:	Cannabidiol
CBD-a:	Cannabidinol ácido.
CBD-n:	Cannabidinol neutro.
CBN:	Cannabinol.
HPLC-uv:	Cromatografía de alta presión con detector ultravioleta.
BCG:	Verde de bromocresol.
UV:	Ultravioleta.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Detalle del libro Nei Ching	4
Figura 2. Detalle del Veda Sagrado	4
Figura 3. Detalle de la diosa Seshat	5
Figura 4. Detalle del Código Ebers	5
Figura 5. Imagen del libro “De Materia Médica”	6
Figura 6. Imagen del libro “De Usurparum c.Humanun”	7
Figura 7. Representación de las enseñanzas médicas en la Edad Media	8
Figura 8. Plantación de Cannabis en América, s. XIX	8
Figura 9. Muestras de Cannabis medicinal	9
Figura 10. Imagen de Cannabis sativa	10
Figura 11. Dibujo esquemático de la planta <i>Cannabis sativa</i> L	11
Figura 12. Detalle de tricomas glandulares	12
Figura 13. Diferenciación morfológica de las variedades <i>sativa</i> e <i>índica</i>	13
Figura 14. Síntesis de los principios psicoactivos del hachís	15
Figura 15. Estructura molecular del 9- Δ -Tetrahidrocannabinol (9 Δ -THC), Cannabidiol (CBD) y Cannabinol (CBN)	16
Figura 16. Estructura molecular de los fitocannabinoides presentes en el hachís con Poca actividad psicoactiva	17
Figura 17. Imagen de un porro	20
Figura 18. Detalle de pipa para fumar hachís	21
Figura 19. Imagen de pastel con hachís	21
Figura 20. Detalle del aceite de hachís	22
Figura 21. Zona de producción de hachís	24
Figura 22. Detalle del secado de la cosecha	25
Figura 23. Ladrillos de hachís	26
Figura 24. Bellotas de hachís	26
Figura 25. Extracción de resina en frio	28
Figura 26. Extracción de aceite de hachís mediante destilación por arrastre con vapor	29
Figura 27. Tipo de lancha neumática para el transporte de hachís	30
Figura 28. Modelo de pesquero usado para el transporte de hachís	30
Figura 29. Rueda de automóvil con hachís	30
Figura 30. Detalle de escondite de hachís en automóvil	31

Figura 31. Detalle de individuo con hachís adosado a su cuerpo	31
Figura 32. Detalle de silla portabebés usada para esconder hachís	31
Figura 33. Detalle de bolos o bellotas transportados en el interior del cuerpo	32
Figura 34. Zonas de recogida de muestras en la Comunidad Autónoma de Madrid	44
Figura 35. Aspecto de la bellota de hachís y Bolsa estéril para guardar las muestras	45
Figura 36. Congelador utilizado para las muestras	45
Figura 37. Incubadora para el crecimiento de bacterias y hongos	47
Figura 38. Cromatógrafo líquido de alta presión (HPLC-uv)	49
Figura 39. Corte longitudinal de la muestra	51
Figura 40. Muestra de hachís pulverizada lista para analizar	52
Figura 41. Detalle de hidrólisis de la sacarosa	54
Figura 42. Reacciones coloreadas en la determinación de opiáceos y cocaína	55
Figura 43. Muestras preparadas para la determinación de anfetaminas y éxtasis	56
Figura 44. Reacción de la muestra con bromocresol	57
Figura 45. Batería de diluciones seriadas	58
Figura 46. Placas empleadas para la siembra: Petrifilm-sec y placas Petri con Agar-Sabouraud-Gentamicina	58
Figura 47. Siembra de la muestra en la placa Petrifilm-sec	58
Figura 48. Placa con crecimiento de colonias de bacterias <i>E. coli</i> (puntos azules)	59
Figura 49. Placa de Agar-Sabouraud con crecimiento fúngico	59
Figura 50. Preparaciones con conidios de dos colonias de hongos	60
Figura 51. Muestra con forma de bellota a la que se le ha retirado la capa superficial y sección longitudinal de la misma	61
Figura 52. Cromatografías para determinar la presencia de ácido abiético. Observación con luz visible y con luz ultravioleta	62
Figura 53. Detalle de las cromatografías en capa fina	64
Figura 54. Cromatografías para la determinación de henna. Observación con luz visible	64
Figura 55. Impresión de una cromatografía en HPLC-UV	66
Figura 56. Imagen de muestras de hachís tipo lingote y trozo de éste listo para ser analizado	72
Figura 57. Forma de las muestras en la población total de estudio	72
Figura 58. Forma de las muestras en función de la zona de procedencia	73
Figura 59. Elasticidad de las muestras en la población total de estudio	73

Figura 60. Elasticidad de las muestras según la zona de procedencia	73
Figura 61. Color de las muestras en la población total de estudio	74
Figura 62. Color de las muestras según la zona de procedencia	75
Figura 63. Textura de las muestras en la población total de estudio	75
Figura 64. Textura de las muestras según la zona de procedencia	75
Figura 65. Olor de las muestras en la población total de estudio	76
Figura 66. Olor de las muestras según la zona de procedencia	76
Figura 67. Proporción de muestras con elementos extraños	79
Figura 68. Elementos extraños en las muestras en la población total de estudio	79
Figura 69. Elementos extraños en las muestras según la zona de procedencia	79
Figura 70. Porcentaje de muestras con elementos extraños según la forma	80
Figura 71. Porcentaje de muestras adulteradas con glúcidos en la población total de estudio	81
Figura 72. Número de muestras adulteradas por glúcidos según la zona de procedencia	82
Figura 73. Porcentaje de muestras adulteradas con ácido abiético (resina de pino) en la población total del estudio	83
Figura 74. Adulteración por ácido abiético según la zona de procedencia de la muestra	84
Figura 75. Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de <i>E. coli</i> según la zona de adquisición de la muestra	85
Figura 76. Número de muestras contaminadas con <i>E. coli</i> según la zona de procedencia	85
Figura 77. Porcentaje de muestras contaminadas con <i>E. coli</i> en la población total del estudio	85
Figura 78. Porcentaje de muestras contaminadas con <i>Aspergillus</i> en la población total del estudio	88
Figura 79. Forma de las muestras contaminadas con <i>Aspergillus</i> en la población total del estudio	88
Figura 80. Número de muestras contaminadas con <i>Aspergillus</i> según la zona de procedencia	88
Figura 81. Unidades formadoras de colonia (UFC/g) de <i>Aspergillus</i> según la zona de procedencia	89
Figura 82. Placas con crecimiento fúngico	89
Figura 83. Aspecto de las colonias de <i>Aspergillus</i>	89
Figura 84. Preparación lista para observación al microscopio	90

Figura 85. Detalle de <i>Aspergillus</i> al microscopio	90
Figura 86. Detalle de conidio de <i>Aspergillus</i>	90
Figura 87. Relación de muestras Aptas y No Aptas para el consumo en la población total del estudio	92
Figura 88. Relación de muestras Aptas y No Aptas para el consumo según su lugar de procedencia	92
Figura 89. Relación de muestras No Aptas para el consumo en función de la forma	93
Figura 90. Concentración media (%) de principios psicoactivos en la población total del estudio	94
Figura 91. Relación de las concentraciones medias (%) de principios psicoactivos en función de la procedencia de la muestra	95
Figura 92. Concentración de 9Δ-THC en función de las características organolépticas	96
Figura 93. Distribución de las muestras en función de la calidad en la población total del estudio	98
Figura 94. Calidad de las muestras en Madrid Capital	98
Figura 95. Calidad de las muestras en la zona Norte de la CAM	99
Figura 96. Calidad de las muestras en la zona Sur de la CAM	99
Figura 97. Calidad de las muestras en la zona Oeste de la CAM	99
Figura 98. Calidad de las muestras en la zona Este de la CAM	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de calidad del hachís.	19
Tabla 2. Localidad, mes y época de adquisición y número de muestras de hachís por zona de la CAM.	70
Tabla 3. Características de las muestras de hachís analizadas.	71
Tabla 4. Características organolépticas de las muestras de hachís analizadas.	72
Tabla 4bis. Características organolépticas de las muestras de hachís analizadas.	74
Tabla 5. Relación entre la elasticidad de las muestras y su forma, textura y color.	77
Tabla 6. Relación entre la textura de las muestras, su forma y su color.	77
Tabla 7. Relación entre la forma y el olor de las muestras.	78
Tabla 8. Relación de elementos extraños presentes en las muestras de hachís.	78
Tabla 9. Presencia de elementos extraños según la forma de las muestras.	80
Tabla 10. Adulteración por glúcidos.	81
Tabla 11. Unidades formadoras de colonia (UFC) de <i>E. coli</i> en las muestras de hachís.	84
Tabla 12. Relación entre la contaminación por <i>E. coli</i> y la forma y el olor a heces de las muestras.	86
Tabla 13. Contaminación por el hongo <i>Aspergillus</i> en las muestras de hachís.	87
Tabla 14. Relación entre la composición de las muestras y la época del año de adquisición.	90
Tabla 15. Distribución de las muestras No Aptas para el consumo en función de la forma y del agente causante.	91
Tabla 16. Muestras No Aptas para el consumo según forma y zona de procedencia.	92
Tabla 17. Concentración, expresada en porcentaje, de los principales principios psicoactivos de las muestras de hachís analizadas.	93
Tabla 18. Comparación de la concentración de Δ^9 -THC entre las muestras con diferentes características organolépticas.	96
Tabla 19. Calidad de las muestras de Hachís en función de la concentración de Δ^9 -THC.	98
Tabla 20. Distribución de las muestras, según el contenido de principios psicoactivos, en función de la calidad en la población total de estudio.	100
Tabla 21. Relación entre calidad y elasticidad de las muestras.	101
Tabla 22. Concentración de THC en el hachís de distintas Comunidades de España.	113
Tabla 23. Relación de la calidad de hachís a nivel nacional y en la CAM.	114
Tabla 24. Razón CBD/THC en el hachís de distintas Comunidades de España.	115

RESUMEN

RESUMEN

Introducción. En España, tanto el hachís (resina de cannabis) como otros derivados del cannabis son drogas de abuso ilegales y, como tales, están perseguidos por la ley su cultivo, tráfico y consumo público, aunque no privado (autocultivo). Por ello, la única manera de adquirir hachís es a través de la venta ilegal en la calle. Este carácter de ilegalidad hace que tanto los productores, como transportistas, distribuidores y vendedores de estas sustancias no estén sometidos a ningún tipo de código de buenas prácticas, y sus productos no pasen ningún control de calidad por parte de las autoridades sanitarias. A pesar de estas circunstancias, su consumo sigue siendo un hábito muy extendido, incluso como medicina alternativa por personas con un sistema inmune debilitado. De otra parte, existe una creciente preocupación por la tendencia actual al aumento de la potencia del hachís (concentración de THC) y de sus efectos adversos sobre la salud. En nuestro país, existen informes nacionales sobre drogas que se refieren a las grandes incautaciones procedentes de operaciones policiales; sin embargo, no existe información relativa al hachís que adquieren los consumidores a través de la venta callejera.

Objetivo. El objetivo de este estudio ha sido analizar la adulteración, contaminación y concentración de principios psicoactivos de la resina de cannabis adquirida en la calle en la Comunidad de Madrid y establecer si es apta para el consumo humano.

Material y Método. Se han estudiado un total de 90 muestras de resina de Cannabis, obtenidas mensualmente a través de la venta en la calle en la Comunidad de Madrid, durante el año 2015. Mediante análisis macro y microscópico, microbiológico, químico con reacciones colorimétricas, cromatografía en capa fina y HPLC-uv, se han determinado las características organolépticas (forma, olor, color, elasticidad y textura), la presencia de elementos extraños, adulteración, contaminación microbiológica (*E. coli* y *Aspergillus*) y la concentración de principios psicoactivos de la resina de cannabis.

Resultados. El 40% de las muestras contenía elementos extraños (pelos, plástico...), siendo más frecuentes en los lingotes que en las bellotas ($p < 0.01$). El 18,3% de las muestras estaban adulteradas con glucosa, sacarosa o resina de pino; de ellas, había un mayor

porcentaje de lingotes que de bellotas (66,7% vs 33,3%). La adulteración fue más frecuente en la época calurosa y seca que en la fría y húmeda. La contaminación microbiológica (*Escherischi coli* y/o *Aspergillus*) fue elevada (80%) y más habitual en las bellotas que en los lingotes ($p < 0.0001$). La contaminación por *E. coli*, afectó únicamente a la superficie externa de las muestras, quedando libre de contaminación el interior. Se encontró un elevado porcentaje de muestras no aptas para el consumo (88,3%), llegando al 100% en el caso de las bellotas, principalmente a causa de la contaminación microbiológica. La concentración de Δ^9 -tetrahidrocannabinol (21.3%) fue alta, con valores próximos a los publicados en Francia y otras regiones de España, y también contenía una elevada concentración de cannabidiol (5.0%). En las zonas Este y Sur de la CAM se encontró la resina de cannabis con mayor concentración tanto de Δ^9 -tetrahidrocannabinol (calidades excelente y muy buena, respectivamente), como de cannabidiol. La potencia de la resina de cannabis varió en función de las características organolépticas de las muestras, siendo las más potentes las de color amarillo, con forma de bellota, aspecto pegajoso y elasticidad alta.

Conclusiones. El elevado porcentaje de muestras adulteradas y contaminadas hace que el 88,3% de la resina de cannabis de la CAM no sea apto para el consumo. Por ello, la venta ilegal de hachís constituye un problema de salud pública, además de un fraude para el consumidor. La potencia (THC) del hachís de la CAM es alta (21.3%) y similar a la publicada en Francia y otras regiones de España, además también contiene una elevada concentración de CBD.

Palabras clave: hachís; resina de cannabis; adulteración del hachís; contaminación del hachís; THC; CBD; CBN.

SUMMARY

SUMMARY

Introduction. In Spain, hashish (cannabis resin) and other cannabis derivatives are illegal drugs of abuse and, as such, their cultivation, trafficking and public consumption are persecuted by law, but not private (self-cultivation). Therefore, the only way to acquire hashish is through illegal street sales. This illegality, means that both producers, transporters, distributors and sellers of these substances are not subject to any kind of good practices code, and their products do not pass any quality control by the health authorities. Despite these circumstances, its consumption remains a widespread habit, even as an alternative medicine by people with a weakened immune system. On the other hand, there is growing concern about the current tendency to increase the power of hashish (concentration of THC) and its adverse effects on health. In our country, there are national reports on drugs that refer to large seizures from police operations; however, there is no information regarding hashish that consumers acquire through street sales.

Objective. The objective of this study was to analyze the adulteration, contamination and concentration of psychoactive principles of the cannabis resin acquired in the street in the Community of Madrid and to establish if it is suitable for human consumption.

Material and methods. A total of 90 samples of Cannabis resin, obtained monthly through the sale on the street in the Community of Madrid, were studied during 2015. Through macro and microscopic, microbiological, chemical analysis with colorimetric reactions, layer chromatography fine and HPLC-uv, the organoleptic characteristics (shape, odor, colour, elasticity and texture), the presence of foreign elements, adulteration, microbiological contamination (*E. coli* and *Aspergillus*) and the concentration of psychoactive principles of cannabis resin have been determined.

Results. 40% of the samples contained foreign elements (hairs, packing tape, textile fiber ...), being more frequent in the ingot-shaped samples than in the acorns ($p < 0.01$). 18.3% of the samples are adulterated with glucose, sucrose or pine resin; of them, there is a higher percentage of ingots than acorns (66.7% vs. 33.3%). Adulteration is more frequent in the hot, dry season than in the cold and wet season. 80% of the cannabis resin presents a

high microbiological contamination (*Escherichia coli* and / or *Aspergillus*), being more frequent in the acorns than in the ingots ($p < 0.0001$). The contamination by bacteria *E. coli*, affects only the external surface of the samples, leaving the interior free of contamination. There is a high percentage of samples not suitable for consumption (88.3%), which reaches 100% in the case of acorn-shaped samples, mainly due to microbiological contamination. CAM cannabis resin has a high concentration of Δ^9 -tetrahydrocannabinol (21.3%), with values close to those published in France and other regions of Spain, and it also contains a high concentration of cannabidiol (5.0%). In the eastern and southern areas of the CAM is the cannabis resin with a higher concentration of both Δ^9 -tetrahydrocannabinol (excellent and very good qualities, respectively), and cannabidiol. The potency of the cannabis resin varies depending on the organoleptic characteristics of the samples, the most powerful being yellow, acorn-shaped, sticky and high elasticity.

Conclusions. The high percentage of adulterated and contaminated samples means that 88.3% of CAM cannabis resin is not suitable for consumption. Therefore, the illegal sale of hashish constitutes a public health problem, as well as fraud for the consumer. The power (THC) of the hashish of the CAM is high (21.3%) and similar to that published in France and other regions of Spain, besides it contains a high concentration of CBD.

Keywords: hashish; cannabis resin; hashish adulteration; hashish contamination; THC; CBD; CBN.

INTRODUCCIÓN

JUSTIFICACIÓN

Según el último informe elaborado por el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad Español, publicado en 2016 a través del Observatorio Español de drogas y toxicomanías, el 31,1% de las personas encuestadas de entre 15 y 64 años ha consumido, al menos en una ocasión en su vida, cannabis y más concretamente alguno de sus derivados más conocidos, el hachís y la marihuana. Además, según este mismo informe, el 9% de los encuestados lo hicieron en el último año, el 2% consumen a diario y casi 700.000 personas en todo el país hacen un consumo de riesgo, entendiendo como tal, aquel que pone en peligro a la persona, tanto en el ámbito laboral, como en el personal o familiar.¹

Las autoridades sanitarias no tienen datos exactos, pero cada vez es más habitual que personas tratadas con quimioterapia o radioterapia recurran a derivados del cannabis para paliar los efectos secundarios que producen estas terapias agresivas, tales como mareos, vértigos, cefaleas, náuseas, falta de apetito y falta de ánimo. Estas personas, debido a su tratamiento, poseen un sistema inmunitario bastante debilitado y cualquier infección secundaria provocada por el consumo de alguna sustancia adulterada o contaminada podría ser fatal para su salud.²

En las últimas décadas, ya sea por seguir la moda o por evitar los efectos secundarios de ciertos medicamentos, se ha observado un auge en el empleo de terapias naturales. Se ha constatado un aumento de los individuos que abandonan la farmacología clásica y emplean sustancias de origen vegetal, entre ellas derivados del cannabis, para tratar patologías como: dolores crónicos, inflamaciones, determinadas patologías oculares, ansiedad o trastornos del sueño.³⁻⁷

Además, no sólo se hace un uso recreativo o curativo del cannabis y sus derivados. Un sector amplio de la población, en concreto, profesionales que necesitan estimular la función mental de la creatividad, emplean y consumen estas sustancias para potenciar dicha faceta.⁸

Solamente en la Comunidad Autónoma de Cataluña, existen más de 300 clubs privados de consumidores de derivados del cannabis. En el país Vasco, más de 70 y, en la Comunidad Autónoma de Madrid, cerca de 20.^{9,10}

Tanto el hachís como el resto de derivados del cannabis son drogas de abuso ilegales y, como tales, están perseguidos por la ley su cultivo, tráfico y consumo público, aunque no privado (autocultivo).^{11,12} Esta circunstancia de ilegalidad hace que tanto los productores, como transportistas, distribuidores y vendedores de estas sustancias no estén sometidos a ningún tipo de código de buenas prácticas, y sus productos no pasen ningún control de calidad por parte de las autoridades sanitarias, importándoles únicamente el beneficio económico, con el perjuicio que ello puede conllevar para los consumidores, tanto en el aspecto sanitario, como fraudulento.

La pérdida de calidad del hachís y demás derivados del cannabis, no sólo se puede producir en el proceso de cultivo de la planta, sino que, en muchas ocasiones, éste se produce en los procesos de transporte, almacenaje y distribución, bien al estar en un entorno sucio y contaminado, o bien al estar almacenados en condiciones no adecuadas de humedad y temperatura.¹³

REFERENCIA HISTÓRICA DEL CANNABIS Y SUS DERIVADOS

No resulta fácil concretar el momento en el que el ser humano comenzó a utilizar alguno de los preparados procedentes de *Cannabis sativa* ya que aún no existe consenso entre los historiadores; no obstante, desde hace miles de años, el empleo de esta planta y sus derivados parece estar relacionado con motivos textiles, curativos, religiosos y lúdicos o recreativos. Lo que sí parece estar demostrado es que el origen de la planta es Asia Central, extendiéndose su cultivo a zonas vecinas y posteriormente a regiones más lejanas.¹⁴

En la Edad Antigua, las primeras referencias que se encuentran sobre el uso de la planta de cannabis *sativa* es en la Antigua China, hace 5000 años, donde se cultivaba para obtener fibra y elaborar prendas y utensilios útiles en el campo.^{15,16} El emperador Huang Ti (2600 a.C.), autor del libro de medicina Nei Ching (Fig. 1), describió el empleo del aceite de las semillas para el tratamiento de patologías, como estreñimiento, malaria, infecciones y alteraciones menstruales.¹⁷

En India, las referencias sobre el empleo de los derivados del cannabis datan de hace 4000 años, utilizándose principalmente con motivo religioso y social;¹⁸ así, en los Vedas

Sagrados (Fig. 2), se hace referencia a esta planta como la planta que trajo el dios Siva para alegría del pueblo. Además, debido a sus propiedades curativas, también se empleó como anticatarral, analgésico y ansiolítico,^{19,20} siempre administrado por vía oral en forma de extractos de la planta.¹⁷



Figura 1. Detalle del libro Nei Ching.²⁰

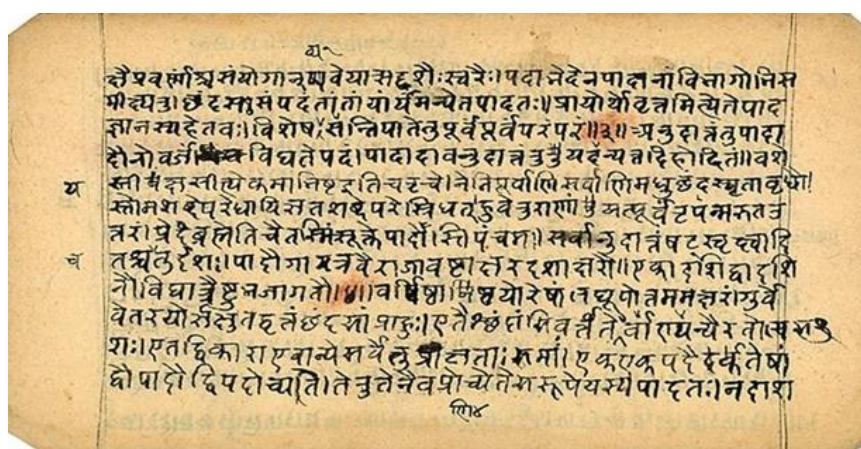


Figura 2. Detalle del Veda Sagrado.²¹

El uso del cannabis y sus derivados se extendió desde India hasta la Antigua Persia y Asiria hace 3000 años. En Persia, se utilizó fundamentalmente en ceremonias religiosas, sin tener referencias sobre el empleo del cannabis en tratamientos médicos o por motivos lúdicos. Sin embargo, en Asiria sí se tienen referencias de su uso en medicina, en forma de extractos de la planta entera y ungüentos, en trastornos como el “envenenamiento de las piernas”, así conocido en su época y que muy posiblemente se refiera a la artritis

reumatoide actual. También se extendió su uso para tratar el “mal de espíritu”, probablemente la depresión de hoy en día,¹⁴ así como para el tratamiento de los cálculos renales y la amenorrea, para ésta última se utilizaba una especie de cerveza a la que se añadía, entre otros, extracto de cannabis, azafrán y menta. Así mismo, con fines religiosos y sociales, y tras su combustión, se empleó mezclado con mirra para aromatizar el ambiente de los lugares donde se celebraban reuniones sociales o ceremonias religiosas (Fig. 3).^{22,23}



Figura 3. Detalle de la diosa Seshat.²⁴

En Egipto, también se extendió y popularizó el empleo de derivados del cannabis con fines curativos, tales como la prevención de hemorragias durante el parto -tomado por vía oral al inicio del mismo- y patologías oculares -usado en forma de ungüentos-, todo ello descrito en el código Ebers (Fig. 4).^{25,26} Otro empleo del cannabis en Egipto fue la obtención de fibras para confeccionar ropas, cestos o cuerdas.¹⁴



Figura 4. Detalle del Código Ebers.²⁷

En Grecia y Roma, al igual que en Egipto, se cultivaba la planta para extraer de ella la fibra necesaria para la confección de prendas de vestir; probablemente este hecho fuese por herencia del país Africano. El empleo en medicina fue descrito, incluso, por personajes tan relevantes como el romano Plinio el Viejo hace 2000 años, el cual detallaba que una decocción de la planta podía aliviar desde dolores de cabeza hasta calambres. Plinio el Viejo fue el primero en la historia que se atrevió a hablar de los posibles efectos perjudiciales del uso y abuso del cannabis con motivos lúdicos.²⁸ Dioscóridis, médico militar romano, en su obra “De Materia Médica” (Fig. 5), libro considerado durante muchos siglos la obra de botánica más importante, distingue dos tipos de cáñamo, uno para empleo artesanal en la fabricación de utensilios, como cuerdas, y cuyo jugo o extracto era bueno para el tratamiento de otitis y, otro, de cuyas raíces se podía elaborar un extracto que aliviaba dolores articulares.²³

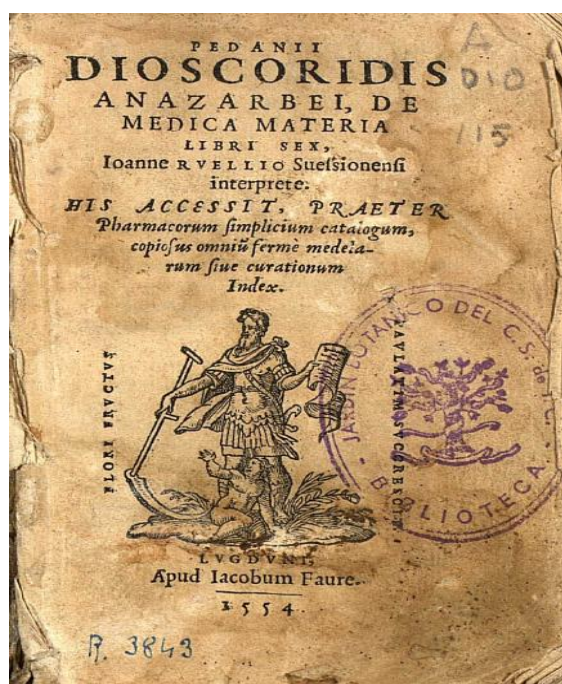


Figura 5. Imagen del libro “De Materia Médica”.²⁹

Galeno, médico griego, hace ya 2000 años elaboraba fórmulas magistrales, empleando como base la planta de cannabis, para aliviar dolores articulares, producir analgesia y combatir la inflamación muscular; todo ello quedo recogido en obras como “De usurpartium

corporis humanis libri XVII” (Fig. 6); obra en la que también describió que el empleo de esta planta y sus derivados podía producir en el individuo una conversación carente de sentido.¹⁷

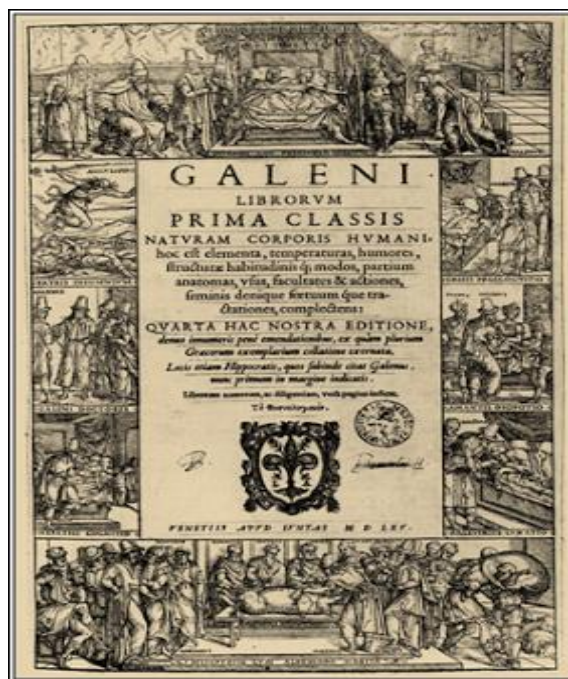


Figura 6. Imagen del libro “De Usurparum c.Humanun”.³⁰

En la Edad Media, al igual que ocurrió con las demás ciencias, el avance en el conocimiento del uso del cannabis quedó estancado prácticamente en todas partes, salvo en el mundo islámico,³¹ en el que los médicos árabes seguían descubriendo e investigando las propiedades del cannabis. En su afán conquistador, los árabes penetraron en la actual Europa por el sur (España), y trajeron consigo los conocimientos farmacológicos del empleo del cannabis como sustancia antiemética y anti-anoréxica (Fig. 7); pero también introdujeron, por primera vez en la historia, el hachís, ya que éstos lo consumían con fines lúdicos, fumado en unas pipas fabricadas solamente para ello.¹⁴

A partir del siglo XV, y con la expulsión de los Árabes por parte de los Reyes Católicos, se crea un sentimiento antiárabe en España, lo que supone un rechazo hacia el legado árabe en nuestro país, incluyendo cultura, arte y religión, con lo que los datos de consumo de preparados de cannabis con motivos curativos, lúdicos o religiosos desaparece, tanto en España, como en el resto de Europa.⁵

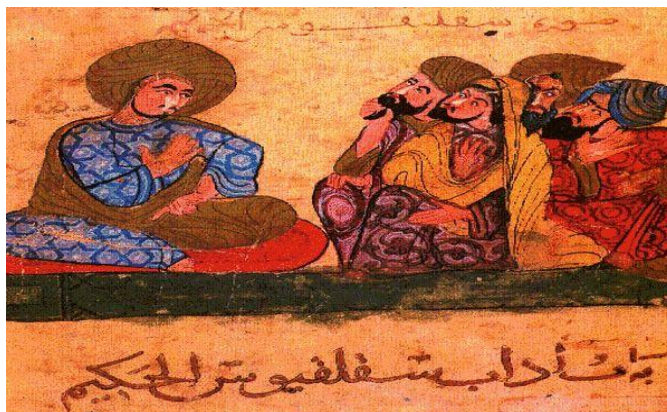


Figura 7. Representación de las enseñanzas médicas en la Edad Media.³²

En América, la planta *cannabis sativa* L. fue introducida por los conquistadores españoles desde México hasta Perú y, por los colonos ingleses, en USA y Canadá. Utilizada al principio por su fibra para la artesanía y confección de calzado y ropa (Fig. 8), fueron los esclavos africanos quienes empezaron, en la zona de lo que ahora es Brasil, a fumar las hojas de la planta. Este fenómeno se extendió rápidamente por todo el continente. Los médicos norteamericanos emplearon el extracto de cannabis por vía oral para el tratamiento de patologías, como reumatismo, depresión, demencia, hemorragias uterinas, delirium tremens, o como antiemético.³³



Figura 8. Plantación de cannabis en América, s. XIX.³⁴

En la Edad Moderna y Contemporánea se continuó hablando, escribiendo y tratando a los pacientes con derivados del cannabis. En el siglo XIX, en Inglaterra, se empleaban los extractos y las tinturas del cannabis para el tratamiento de dolencias, como los espasmos producidos por la rabia o el tétanos, también se utilizaba esta tintura para el tratamiento de la depresión, la falta de apetito y como antiemético.^{15,17}

En 1889, Wood *et al.* aislaron el cannabinol (CBN), el primero de los cannabinoides más importantes del hachís, y, en 1940, Adams *et al.* aislaron por primera vez el cannabidiol (CBD); pero el hecho más importante, en cuanto a descubrimientos de principios activos, ocurre en 1964, en el que Gaoni y Mechoulam aislaron el Δ^9 -tetrahidrocannabinol (THC), principal principio psicoactivo de los derivados del cannabis.¹⁴

A partir de 1971 el cannabis y sus derivados fueron incluidos en el Acta de Drogas de Abuso y prohibida su utilización médica, aunque, en 1932, Inglaterra y Estados Unidos ya habían suprimido su empleo en medicina y sustituido por la Aspirina como analgésico, o por derivados opiáceos en caso de necesidad.¹⁴

En la actualidad, numerosas investigaciones se centran en las aplicaciones terapéuticas de los derivados de *Cannabis sativa*; su uso es relativamente escaso aunque algunos preparados (Fig.9) ya están siendo utilizados en clínica, como por ejemplo Dronabiol^R, derivado sintético del THC y empleado para recuperar el apetito en pacientes tratados con quimioterapia y enfermos de SIDA, o Cesamet^R para el dolor crónico; además, Sativex^R - mezcla de THC y CBD y utilizado como antiespasmódico en esclerosis múltiple- y Epidialex^R - con una composición de CBD y con aplicación en el tratamiento de la epilepsia en niños- son los más empleados con unos resultados bastante satisfactorios.³⁵⁻³⁸



Figura 9. Muestras de cannabis medicinal.³⁹

LA RESINA DE CANNABIS (HACHÍS)

Definición

La palabra hachís proviene del término árabe *hachisch* que significa hierba seca. Lo que conocemos como hachís, consiste en la resina seca y prensada de los tricomas glandulares de la planta femenina de la especie *Cannabis sativa* L. Planta clasificada por Carl von Linneo en 1735.^{22,40,41}

Origen: *Cannabis sativa* L.

Cannabis sativa L. pertenece al Reino *Plantae*. División *Magnoliophyta*. Orden *Urticales*. Familia *Cannabaceae*. Género *Cannabis*. Especie *Cannabis sativa*.

Originaria de Asia Central, es una planta herbácea anual, erguida, de una altura final de 1 a 2 metros. Las variedades que se emplean para obtención de fibra pueden alcanzar hasta 6 m. Es áspera, pubescente, con hojas opuestas en la base del tallo y alternas en el resto, pecioladas, palmatipartidas con 5-11 foliolos lanceolados, aserrados y discolores (Fig. 10).^{42,43}



Figura 10. Imagen de cannabis sativa.⁴⁴

Sus flores son anemófilas, diclinas monoicas en condiciones desfavorables, pero en condiciones normales son dioicas, pequeñas y agrupadas en inflorescencias cerradas o cimosas. Las flores masculinas son paniculiformes, estaminadas con 5 sépalos, 5 estambres y polen triporado. Las flores femeninas son compactas, pistiladas con un cáliz tubular corto y

membranoso que encierra el ovario. Éste posee dos carpelos unidos formando un ovario unilocular con dos estigmas alargados, primordios seminales solitarios y anátropos (Fig. 11).⁴⁵

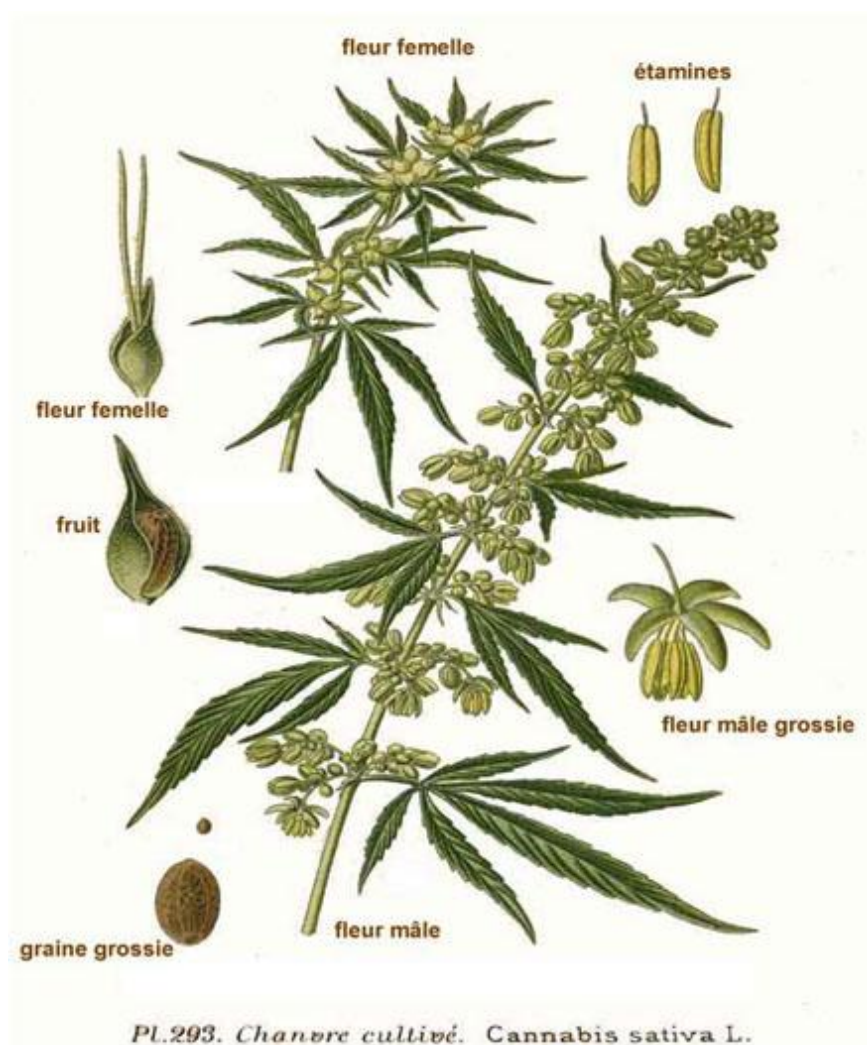


Figura 11. Dibujo esquemático de la planta *Cannabis sativa* L.⁴⁶

En cuanto a las características microscópicas, la planta posee tricomas en toda su longitud, siendo más abundantes en las inflorescencias femeninas. En condiciones de calor extremo o sol, la planta brilla por el exceso de resina segregada, como si estuviese rodeada de rocío (Fig. 12).⁴⁷

El fruto de esta planta es un arquenio que contiene aceites esenciales, empleados desde tiempos inmemoriales por sus características y propiedades curativas, así como por servir de alimento para pájaros y pequeños roedores.⁴⁸



Figura 12. Detalle de tricomas glandulares.⁴⁹

La polinización de la planta se lleva a cabo principalmente por el viento y no por los insectos. La planta masculina muere poco después de haberse desprendido del polen, mientras que la femenina permanece viva hasta la maduración de las semillas.⁵⁰ Es muy resistente, aguanta bien el calor extremo y los cambios bruscos de temperatura, aunque es sensible a los periodos de congelación.

La resina producida por los tricomas, y en la que se encuentran los principios psicoactivos más importantes del hachís, podría constituir un mecanismo de defensa de la propia planta, bien para no ser devorada por animales, como insectos, cabras u ovejas,⁵¹ o bien frente a los rayos UVA, los cuales podrían dañar, además de la planta, las semillas en periodo de maduración.⁵²

Existen numerosas subespecies o variedades de *Cannabis sativa* L. según su lugar de procedencia. La variedad *índica* (Fig. 13) es una de las más cultivadas para la obtención de hachís; sus hojas son más anchas que el resto de las variedades, posee una muy alta concentración de cannabinoides y la proporción de CBD es alta, lo cual se traduce en una intoxicación (colocón para los consumidores) suave, sedante, relajante y tranquilizante.⁵³

Esta variedad es la más buscada por los pacientes tratados con terapias agresivas, para paliar los efectos secundarios de éstas, y por pacientes a los que las terapias tradicionales para otras patologías, como glaucoma, esclerosis múltiple o fibromialgia, no han obtenido el

resultado esperado. Además, esta variedad también es la más apreciada por las personas a las que les gusta consumir hachís antes de ir a dormir, precisamente por sus características relajantes.

La siguiente variedad más consumida es la conocida como *sativa* (Fig. 13), de hojas más finas que la anterior y con una concentración de principios psicoactivos también muy alta. Sin embargo, la proporción de THC es mayor que en la variedad *índica* y la de CBD menor, por lo que la intoxicación tras su consumo es muy energética, incluso euforizante, socialmente edificante e inspiradora de ideas creativas junto con estallidos de risa. Normalmente los consumidores de esta variedad lo hacen durante la mañana y tarde. En general, la intoxicación de la variedad *índica* es más duradera en el tiempo que la de la variedad *sativa*.⁵⁴

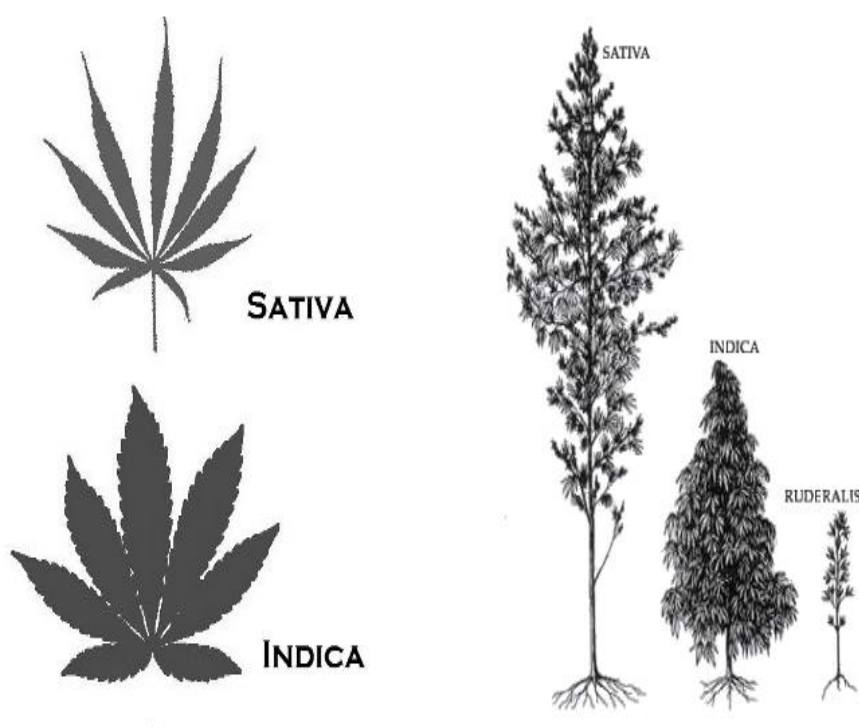


Figura 13. Diferenciación morfológica de las variedades *sativa* e *índica*.⁵⁵

A parte de estas variedades o subespecies citadas, existen muchas otras que suelen llevar el nombre de la región donde se cultivan y que muestran características morfológicas similares; no obstante, la cantidad y concentración de principios activos sí suele presentar grandes variaciones.⁵⁶

Hoy en día, gracias a la ingeniería genética, es fácil encontrar arquenios o semillas de cannabis con las características específicas, en cuanto a la proporción THC/CBD, que quiera o necesite el consumidor.⁵⁷

Composición

Inicialmente, en la composición del hachís, solo debería constar la resina de los tricomas glandulares de la especie *Cannabis sativa* L. Esta situación dista mucho de la realidad debido a los rudimentarios métodos de producción, los lugares donde se produce y la falta de cualificación del personal, incluyendo la mala intención, que interviene en la producción.

Al observar el hachís con la ayuda de una lupa de laboratorio o de un microscopio óptico se pueden ver, de forma muy habitual, restos vegetales procedentes de la propia planta, tales como trozos de tricomas, tallos y hojas. Además, es muy común encontrar restos de otras especies vegetales que nada tienen que ver con la planta original.⁵⁸

La composición de esta resina contiene, aparte de ácidos grasos y ceras, fitocannabinoides que son los verdaderos responsables del consumo del hachís. Los fitocannabinoides son una clase de compuestos con una característica común: están formados por 21 átomos de carbono; en la naturaleza, sólo están presentes en la planta.⁵⁹

Actualmente se han identificado entre 120 y 140 fitocannabinoides de *Cannabis sativa* L. La planta sólo es capaz de sintetizar los fitocannabinoides en su forma ácida, es decir, la forma no psicoactiva. Sin embargo, en la molécula de fitocannabinoides el grupo carboxilo es poco estable de forma que, en presencia de calor o de luz solar (radiación ultravioleta), como ocurre en el proceso de secado de la planta, este grupo se pierde, es decir, la molécula se descarboxila y pasa a ser una molécula neutra y psicoactiva.^{60,61}

Los fitocannabinoides se forman en los tricomas glandulares de la planta. A partir de los ácidos grasos se obtienen los precursores fenólicos: ácido divarínico y ácido olivetólico. Éstos reaccionan con pirofosfato de geranilo para dar, con el primero, ácido cannabigevarlólico (CBGVA) y, con el segundo, ácido cannabigerólico (CBGA). Estos

precursores de los fitocannabinoides son atacados por los enzimas: CBCA-sintasa, Δ^9 -THCA-sintasa y CBDA-sintasa, que transforman el CBGVA y el CBGA en CBCVA y CBCA gracias a CBCA-sintasa, en Δ^9 -THCVA y Δ^9 -THCA si actúa Δ^9 -THCA-sintasa, y en CBDVA y CBDA si los precursores son atacados por CBDA-sintasa (Fig. 14).⁶²

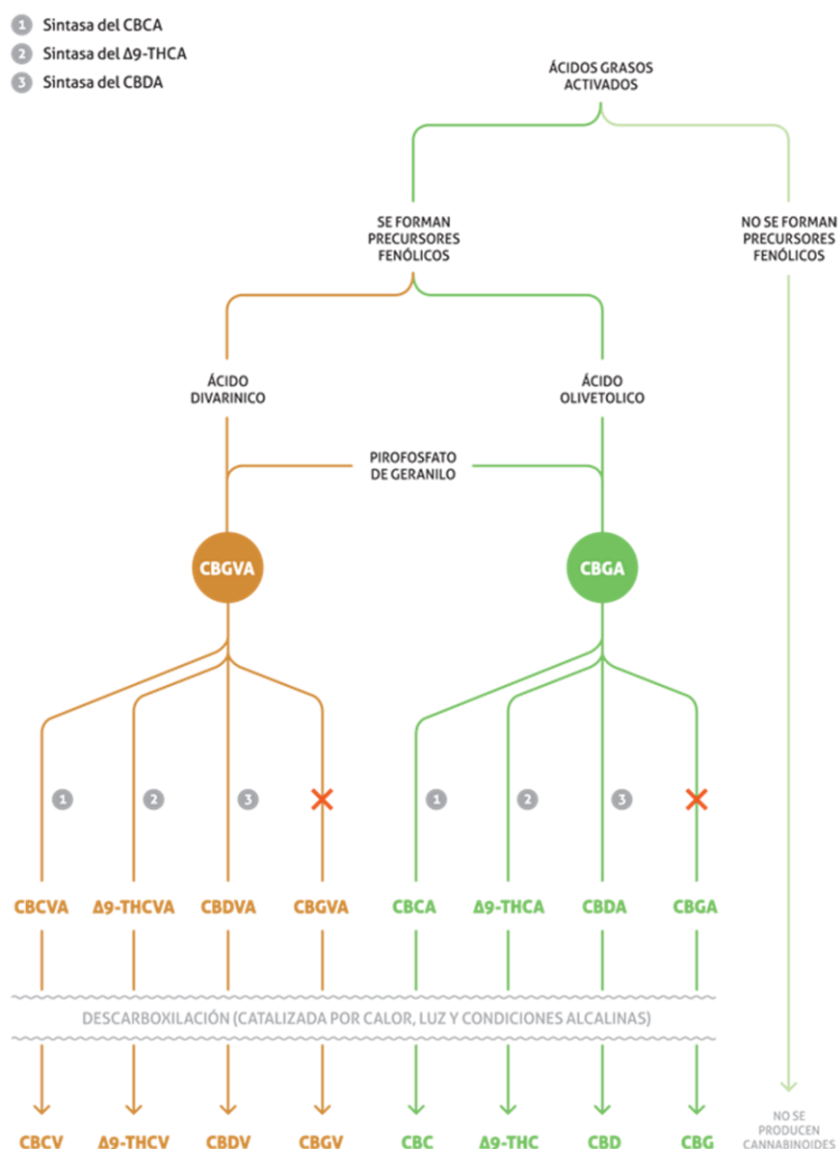


Figura 14. Síntesis de los principios psicoactivos del hachís.⁶²

Todos estos principios activos, al ser ácidos no tienen efecto psicoactivo ninguno. Pero por la acción de la luz solar (UVA), el calor o unas condiciones de pH alcalino, los principios se descarboxilan y pasan a ser neutros, adquiriendo entonces actividad psicoactiva, como en

el caso de Δ^9 -THC y CBN, o actividad farmacológica en el caso de CBD).^{61,62} Sus estructuras moleculares se muestra en la figura 15.

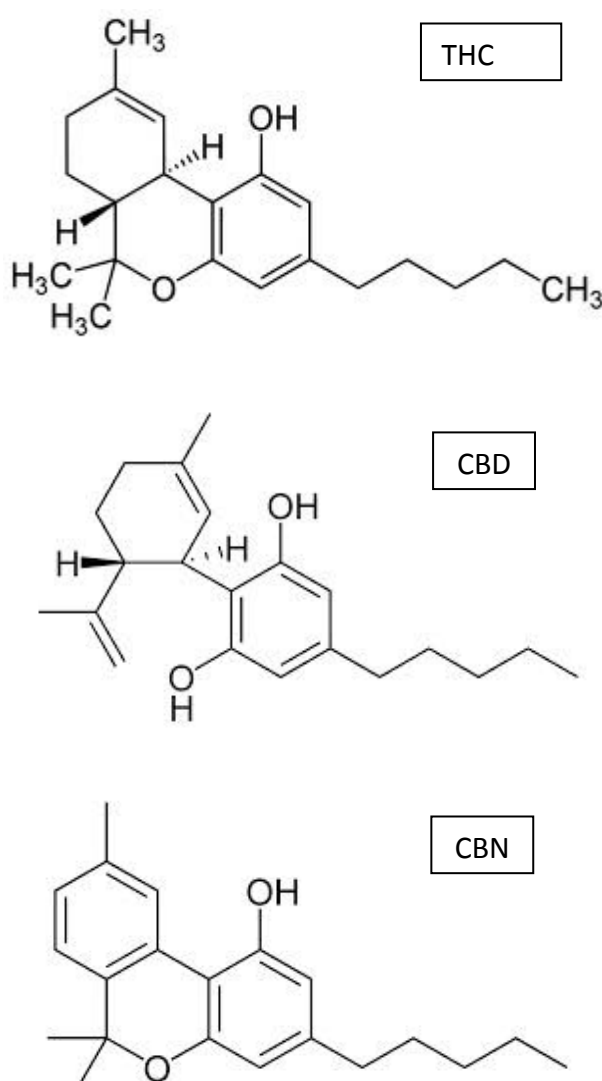


Figura 15. Estructura molecular del Δ^9 -Tetrahydrocannabinol (THC), Cannabidiol (CBD) y Cannabinol (CBN).⁶³

Estos tres fitocannabinoides son los más importantes por dos motivos: primero, por los efectos psicoactivos (THC y CBN) y farmacológicos (CBD) que producen en el individuo y, segundo, porque estos tres principios activos son los que se encuentran en mayor concentración en el hachís.

Además de estos fitocannabinoides, en la composición del hachís existen otros que, aunque se encuentran en una concentración mucho menor, también tienen actividad

psicoactiva. Entre éstos cabe destacar: Δ^8 -tetrahidrocannabinol, cannabigerol, cannabicromeno, cannabicyclol, cannabitriol o cannadinodiol.^{63,64} Químicamente, estas sustancias tienen la estructura que se muestra en la figura 16.

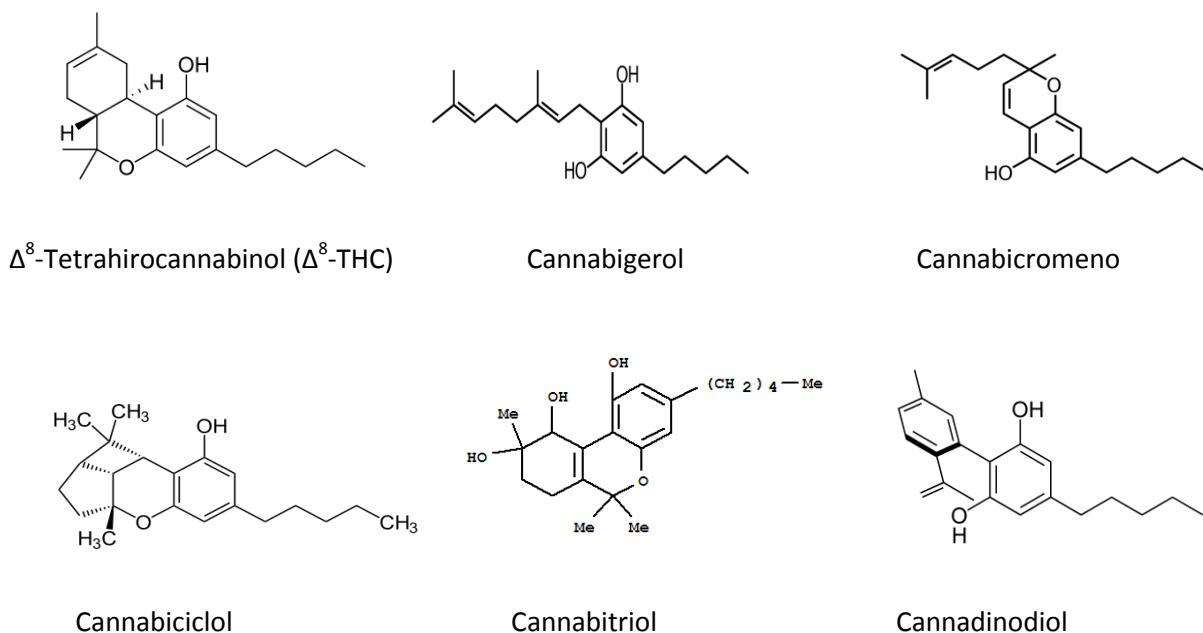


Figura 16. Estructura molecular de los fitocannabinoides presentes en el hachís con poca actividad psicoactiva.⁶³

Sustancias Psicoactivas

Las sustancias psicoactivas, de origen natural o sintético, se pueden definir como aquellas que, cuando se consumen por cualquier vía (parenteral o enteral), tienen la capacidad de generar un efecto directo sobre el sistema nervioso central, ocasionando cambios específicos en sus funciones. Estas sustancias son capaces de inhibir el dolor, modificar el estado anímico o alterar los sentidos y las percepciones.⁶³

De los fitocannabinoides presentes en el hachís, los tres que destacan por su actividad psicoactiva y su concentración son: Δ^9 -tetrahidrocannabinol (THC), cannabidiol (CBD) y cannabinol (CBN), por lo que serán objeto de estudio en la presente Tesis Doctoral. Cabe señalar que CBD no tiene capacidad “intoxicante” por lo que sólo debe considerarse como psicoactivo cuando se define psicoactividad como cualquier tipo de acción sobre el cerebro.

Como ya se ha descrito antes, estos principios activos, generados en la planta en forma ácida, se descarboxilan y pasan a ser neutros, adquiriendo entonces la actividad psicoactiva.^{62,65} Pero, además, cabe destacar que las propiedades de estos principios activos naturales dependen de su estructura química, y que pequeñas variaciones en las moléculas pueden hacer que las propiedades farmacológicas de estas sustancias varíen considerablemente. Así, para que un fitocannabinoide tenga propiedades psicoactivas, su molécula ha de cumplir las siguientes características estructurales:^{61,64,66,67}

- La estructura de dihidrobenzohidropirano debe estar presente. En el caso de CBD el anillo de pirano está abierto por lo que, en sentido estricto, la molécula no debería considerarse psicoactiva, aunque mantenemos el término por la acción que ejerce sobre el cerebro.
- El hidróxido fenólico ha de estar libre, ya que la sustitución de este radical hace que el fitocannabinoide pierda su actividad psicoactiva.
- La hidroxilación del carbono 11 no afecta a la actividad psicoactiva de la molécula, pero su posterior oxidación a carboxilo hace que ésta pierda todo tipo de actividad psicoactiva.
- El resto alquílico es de gran importancia para la actividad psicoactiva del fitocannabinoide. Cuanto más ramificado sea, mayor será el efecto psicoactivo.

En cuanto a las propiedades físico-químicas de estos tres principios activos, se puede resaltar lo siguiente:

- El Δ^9 -tetrahidrocannabinol es un fitocannabinoide sólido y vítreo a bajas temperaturas, pero viscoso y pegajoso al aumentar ésta, poco soluble en agua y soluble en alcohol y disolventes orgánicos. Es el responsable principal del consumo de hachís, de forma que la concentración de este principio activo en el hachís marcará las distintas calidades del producto.

Al no existir una escala oficial de calidad del hachís a nivel internacional, se establece la escala mostrada en la tabla 1, propuesta por el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses.⁶⁸

Tabla 1. Escala de calidad del hachís (Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses).⁶⁸

Calidad	Δ^9 -Tetrahidrocannabinol (%)
Excelente	> 25 %
Muy Buena	>20% y \leq 25%
Buena	>15% y \leq 20%
Media	>10% y \leq 15%
Baja	>5% y \leq 10%

THC parece desempeñar una doble función en la planta: por una parte, junto con otras sustancias de naturaleza alcaloide presentes en la resina, evita que ésta sea devorada por otros seres vivos, como cabras o insectos, ya que les provoca un sabor y efecto desagradable; y, de otra parte, no menos importante, protege a la planta de radiaciones ultravioleta que la degradarían de forma muy rápida, además de deshidratarla.^{60,61,67}

- El Cannabidiol, segundo principio activo más importante en la composición del hachís, es sólido, cristalino, incoloro, insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos; posee un efecto sedante, antiemético y analgésico que no muestra el THC, incluso puede no considerarse principio psicoactivo, si entendemos “psicoactivo” como “intoxicante”. Este principio es el más buscado por las personas que pretenden paliar algún trastorno o efecto secundario producido por terapias agresivas por medio del consumo de derivados del cannabis; o bien por individuos con distintas patologías, como migraña, glaucoma, fibromialgia, epilepsia, esclerosis múltiple o síndrome de Tourette, que no obtienen resultados con las terapias convencionales y recurren al consumo de resina de cannabis para disminuir los síntomas.^{33,69}
- El Cannabinol es el tercero de los fitocannabinoides más abundantes en los derivados del cannabis, al igual que los anteriores es sólido, cristalino, insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos. Éste sí se considera psicoactivo, aunque

con un efecto hasta diez veces menor que el THC. El CBN está presente en concentraciones muy pequeñas en la resina generada por la planta, pero también se forma por oxidación del THC, bien por el paso del tiempo, o bien cuando las condiciones de conservación no son las adecuadas. Este hecho puede ser orientativo en la determinación del tiempo de vida de las muestras a consumir, cuando se trata de derivados del cannabis.^{64,66,70}

FORMAS DE CONSUMO DEL HACHÍS

La forma de consumo más habitual y más extendida del hachís en España, y más concretamente en la Comunidad Autónoma de Madrid, es por inhalación del humo procedente de su incineración, tras haberlo mezclado con tabaco rubio (pH ácido) y liado con un papelillo de fumar. La boquilla de este cigarrillo suele ser hueca para evitar que los aceites, con los principios psicoactivos más importantes, queden atrapados en él, situación que ocurriría con el filtro habitual de un cigarrillo comercial. Esta mezcla de tabaco y hachís liado y con filtro hueco se conoce popularmente como “porro” (Fig. 17).⁷¹⁻⁷³



Figura 17. Imagen de un porro.

El consumo de hachís mediante incineración y posterior inhalación del humo también se realiza con la ayuda de pipas especialmente concebidas para ello (Fig. 18). Son pipas de un tamaño y forma característicos; por lo general son de tamaño pequeño, exceptuando las famosas pipas de agua, siendo ésta la forma de consumo más habitual en países árabes como Marruecos. En cuanto a los materiales para la fabricación de estas pipas destinadas al consumo directo y sin mezclar del hachís, son tan distintos como barro, vidrio, metal o madera.

En cualquier caso, mezclado o no, la absorción y distribución de principios psicoactivos, mediante el consumo de hachís por este método, son muy rápidas, llegando las sustancias activas al área de recompensa cerebral en cuestión de segundos.^{74,75}



Figura 18. Detalle de pipa para fumar hachís.⁷⁶

La segunda forma de consumo de hachís más habitual, en la Comunidad de Madrid, es por vía oral mediante la ingestión de bebidas y alimentos sólidos que contienen hachís (Fig. 19). En este caso la absorción es lenta y, por tanto, la manifestación de los efectos también; además, la acción del primer paso hepático retrasa y disminuye los efectos buscados por los consumidores.^{72,77}



Figura 19. Imagen de pastel con hachís.⁷⁸

La tercera forma de consumo de hachís consiste en extraer de él los aceites esenciales que contienen los principios psicoactivos y consumirlos elaborando formas farmacéuticas, como aerosoles, pulverizadores o gotas; los dos primeros por vía inhalatoria y, el tercero, vía oral o a través de la conjuntiva ocular (Fig. 20). Esta forma es menos habitual que la anterior y la suelen emplear personas que no quieren inhalar el humo procedente de la combustión del hachís, pero sí desean experimentar los efectos de su intoxicación.^{72,75}



Figura 20. Detalle del aceite de hachís.⁷⁹

Por último, la forma de consumo menos habitual, pero que en los últimos años está ganando adeptos, es vía rectal, es decir, el consumidor se introduce una determinada cantidad de hachís en el ano donde, a través de la mucosa rectal, los principios psicoactivos se absorben sin pasar por el hígado.^{72,77,80}

EFFECTOS DEL HACHÍS SOBRE LA SALUD FÍSICA Y MENTAL

Los efectos del hachís en el ser humano dependen principalmente de dos aspectos. Por un lado la calidad de la sustancia ingerida, es decir, la concentración de THC y la relación entre éste y el CBD y, por otro lado, la propia naturaleza del individuo que puede hacer que consiga unos efectos u otros.⁸¹

Los principios activos de cannabis *sativa* mimetizan los efectos de los cannabinoides endógenos activando receptores específicos de cannabinoides, particularmente CB1 y CB2 (receptores de membrana de naturaleza proteica y asociados a la proteína G).^{35,66} El sistema endocannabinoide está constituido por los lípidos neuromoduladores, anandamida (al que mimetiza THC) y 2-araquidonilglicerol (al que mimetiza CBD) y sus receptores. Estos endocannabinoides están implicados en actividades tan importantes como la secreción de hormonas adenohipofisarias y el control de la nocicepción, además el primero de ellos desempeña un papel crucial en la protección de la zona del cerebro afectada en el caso de isquemia cerebral. Con respecto a los receptores:

- CB1: se localiza principalmente en el SNC (córtex, núcleo caudado, putamen, núcleos basales, hipotálamo, cerebelo, amígdala y médula espinal), además de en

bazo, pulmones, sistema vascular, músculo estriado, aparato digestivo, hígado, corazón, glándulas endocrinas y salivares y aparato reproductor.

- CB2: se localiza principalmente en células inmunitarias, bazo, piel, huesos y amígdalas.⁶⁶

Al consumirse principalmente inhalando el humo de su combustión, es absorbido en los pulmones y llega al cerebro en cuestión de segundos donde, a los pocos minutos, se manifiestan los efectos esperados, que pueden durar entre dos y tres horas, aunque aparecen entremezclados con otros no deseables. Entre los efectos más frecuentes destacan:⁸¹

- Efectos a nivel psicológico: hilaridad, desinhibición, alteraciones sensoriales, somnolencia y dificultad de concentración, de memoria inmediata y para expresarse con claridad, así como sensación de lentitud en el paso del tiempo y relajación.

- Las reacciones orgánicas más frecuentes son: sensación de hambre, sobre todo al consumidor novel, descoordinación de movimientos, ojos brillantes y enrojecidos, sequedad de boca, taquicardia y sudoración.

- A nivel psicológico los efectos a largo plazo tras un consumo continuado son: síndrome amotivacional, dificultades en la concentración y en la memoria, y predisposición a tener reacciones de pánico y ansiedad. Además determinadas personas muestran predisposición a padecer trastornos severos, como esquizofrenia.

- Entre los efectos sobre el organismo a largo plazo destacan: alteraciones respiratorias (bronquitis, tos crónica), alteraciones cardiovasculares (predisposición a padecer hipertensión e insuficiencia cardíaca), alteraciones del sistema endocrino (disminución de hormonas sexuales), bajo rendimiento del sistema inmunitario, alta predisposición a padecer tumores de boca, garganta y pulmones, y, en consumidoras embarazadas, neonatos de bajo peso.⁸¹⁻⁸³

Además, en la gran mayoría de los casos, los consumidores no sólo consumen hachís, sino que mezclan este hábito con el consumo de otras sustancias, como alcohol, aumentando así la probabilidad de padecer reacciones adversas y efectos no deseados.^{23,69}

En el consumo lúdico de derivados del cannabis por personas sanas se busca una sustancia con elevadas concentraciones de THC, para que el “potencial de reforzamiento” aumente y sea de mayor duración; sin embargo, los individuos que consumen cannabis para paliar los efectos secundarios de terapias agresivas, en su mayoría pacientes inmunodeprimidos, buscan derivados con altas concentraciones de CBD, o con un cociente THC/CBD lo más cercano posible a la unidad. De la misma forma, los consumidores que emplean estas sustancias como terapias alternativas a las convencionales para disminuir (no eliminar) los síntomas de patologías diversas, también buscan un hachís con una elevada concentración de CBD.^{3-7,33}

En todos los casos, a los efectos no deseados hay que sumar también la frecuente contaminación de estas sustancias con enterobacterias y hongos, lo que, incluso en personas sanas, puede provocar reacciones de hipersensibilidad, además de infecciones secundarias, tanto bacterianas, como fúngicas. Es obvio que las personas con patologías corren un mayor riesgo que las personas sanas de contraer infecciones al consumir estos derivados contaminados.

PRODUCCIÓN DE HACHÍS

El hachís que se consume en España es producido, casi en su totalidad, en Marruecos, concretamente en el Valle del Rif. Zona localizada al norte de Marruecos que se extiende desde la región de Yebala hasta Nador, en la frontera con Argelia⁸⁴ (Fig. 21).



Figura 21. Zona de producción de hachís.⁸⁵

El método de producción es artesanal y se realiza en zonas rurales por los habitantes del Valle. La forma de elaborarlo es la siguiente: a finales de agosto, o principios de

septiembre, se realiza la cosecha de *Cannabis sativa*, que consiste en cortar las plantas formando haces que se ponen a secar al sol, al menos durante seis días (Fig. 22).



Figura 22. Detalle del secado de la cosecha.⁸⁶

Cuando los haces están secos se procede a retirar los brotes florales a mano y se introducen en sacos de plástico para su mejor transporte. Seguidamente, ya sea en cobertizos o a la intemperie, los productores de hachís preparan unos recipientes que suelen consistir en una palangana de plástico a la que ponen una tapa, a modo de membrana de tambor, que consiste en una tela de seda sintética o nylon. A continuación, colocan sobre la tela tensa tantos brotes florales como sea posible, cubriendo todo con plástico que suele provenir de sacos de este material que se han roto o deteriorado.

El productor se pone delante de este tambor y con dos varillas o palos finos golpea de forma incesante y durante un periodo de tiempo que varía según la carga de brotes que haya puesto. Cuando considera que es suficiente deja de golpear y desmonta el dispositivo, apareciendo en el fondo de la palangana un polvo muy fino de color amarillento llamado polen y que constituye, tras su prensado, el hachís llamado doble cero; éste es el hachís con la concentración más alta en THC y el más puro que se puede obtener.

Todo este proceso se repite en tres ocasiones más usando telas o mallas metálicas de distintos anchos de luz, con lo que se consigue hachís de primera, segunda y tercera categoría, éste último con menos concentración de principios activos y mayor cantidad de

restos vegetales pulverizados, ya que se emplean en su obtención partes de la planta, trozos de tronco y hojas.⁸⁷

Después de obtener el polvo, éste se compacta en forma de ladrillos, adoquines o tortas, por la acción de una prensa bastante rústica. Una parte de este polen también se compacta, pero en este caso con forma de bolos o bellotas que es otra forma de presentación del producto final.

Para mejorar la conservación y facilitar el transporte, estos bloques y bellotas se envuelven en papel celofán, o directamente con cinta de embalar, teniendo el producto final el aspecto que se muestra en las figuras 23 y 24.



Figura 23. Ladrillos de hachís.⁸⁸



Figura 24. Bellotas de hachís.⁸⁸

Este método de producción es a mediana escala, o cuando los productores no tienen otros recursos. Cuando la producción es grande, o bien cuando se tiene prisa en obtener el hachís, tras la recolección y el secado se emplean métodos mecanizados o industrializados con máquinas rústicas. Estas máquinas se alimentan de corriente eléctrica que proviene de un generador portátil de gasolina; recordemos que estos procesos se realizan en zonas rurales y apartadas donde no llega el tendido eléctrico. Sus componentes son los siguientes: una biela comunica la salida del motor eléctrico con una rueda que, a su vez, se une a un brazo de metal o madera atornillado a una especie de bastidor de madera; el bastidor encierra una malla con un ancho de luz bastante pequeño y sobre la cual se ponen al principio los brotes florales para conseguir el hachís de mejor calidad y, posteriormente, el resto de la planta recolectada para la obtención de hachís de peor calidad. Tanto los brotes

florales como el resto de la planta son sujetados a la malla de criba por planchas metálicas y piedras que impiden que los componentes vegetales se vuelen o se caigan de la malla.⁸⁹

Una vez que se pone en marcha esta máquina cargada con el material vegetal, la malla describe un movimiento rápido de vaivén y, a través de sus huecos, se realiza el proceso de criba y obtención de la resina seca de la planta. Esta resina seca, que tras su compactación constituirá el hachís, se recoge en una especie de plancha de madera o metal situada debajo de la malla de criba.

Al igual que en el caso de obtención del hachís por los medios puramente artesanales ya descritos, al principio se criban solamente los brotes florales para obtener el hachís de mejor calidad y, después, se criba el resto de la planta en lo que constituirá un hachís de segunda y tercera calidad con restos vegetales además de la resina, como trozos de hojas y tallos de la planta original.

Existen otros métodos de obtención de hachís, pero son más caros y necesitan componentes tales como hielo o anhídrido carbónico sólido, difíciles de obtener en las zonas de los grandes productores. Es lo que se conoce como extracción en frío y extracción en frío húmedo. En la mayoría de los casos, este proceso lo realizan los pequeños productores que cultivan cannabis para autoconsumo, aunque en otros casos venden parte de su producción, sobre todo cuando ésta supera la cantidad que el propio productor va a consumir. En general, suele ser de bastante buena calidad y lo producen en lugares tales como el interior de sus propias casas, o en pequeñas naves donde montan su propio invernadero con potentes focos de luz, riego por goteo y humedad controlada para un mayor y más rápido crecimiento de las plantas.

El proceso es el siguiente: las inflorescencias, o cogollos florales, se introducen en una bolsa de plástico, cuyo fondo está formado por una rejilla también de plástico, con un ancho de luz bastante pequeño; junto con los restos florales, se introducen en la bolsa trozos de hielo seco (anhídrido carbónico sólido) mezclando bien ambos componentes; el hielo, para evaporarse, roba calor a los restos vegetales y los enfría (Fig. 25). Este frío hace que se desprendan los tricomas glandulares de la planta y, después, con un movimiento de sube y

baja de la bolsa, va saliendo el polvo o polen a través de la rejilla del fondo de la bolsa. Tras la compactación este polvo se convertirá en hachís.^{58,90}



Figura 25. Extracción de resina en frío.⁹¹

En el proceso de extracción con frío húmedo, al igual que en el caso anterior, los brotes florales se introducen en una bolsa de plástico, pero esta vez sin rejilla en el fondo. Junto con los brotes de las plantas se introduce hielo y agua para que se enfríen los tricomas y se separen del resto de la planta. A continuación, se filtra todo el contenido de la bolsa, sobre un tamiz de una apertura de luz de 0,5 a 1 mm, para separar los restos sólidos de la planta del líquido que arrastra los tricomas glandulares. Este líquido, de aspecto marrón sucio, se calienta suavemente para evaporar el agua, consiguiendo el polvo o polen que, tras ser prensado, se convertirá en hachís.⁹²

El último método de extracción, aunque no es de hachís propiamente dicho, sino de aceite de hachís, es un método caro comparado con los anteriores y se suele utilizar en producciones muy pequeñas. Este método consiste en la extracción de aceite de hachís por destilación con una corriente de vapor: el vapor generado en el primer matraz arrastra las sustancias volátiles y de naturaleza oleosa para ser recogidas, tras su condensación, en el matraz final^{93,94} (Fig. 26).

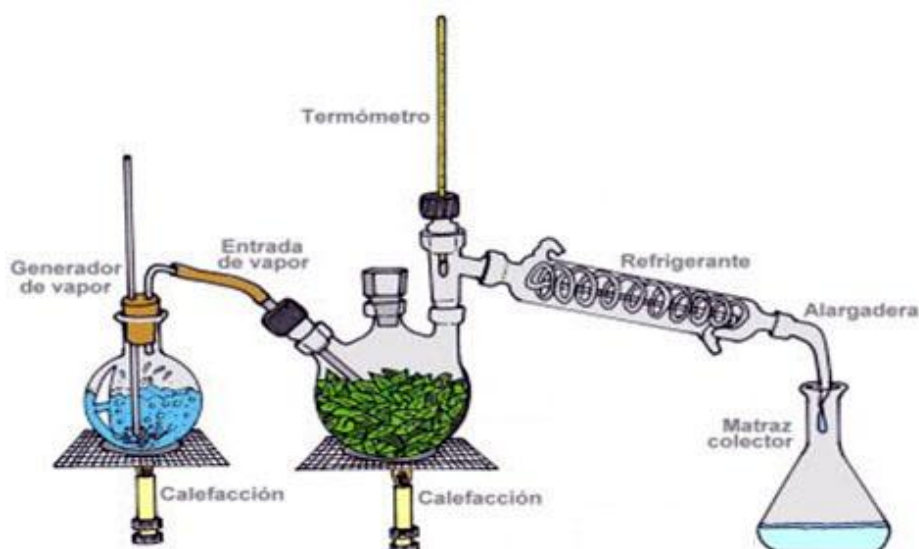


Figura 26. Extracción de aceite de hachís mediante destilación por arrastre con vapor.⁹⁵

TRANSPORTE DEL HACHÍS

Debido a la proximidad geográfica, España es la puerta de entrada del hachís que se consume en toda la Unión Europea, incluso de muchos países del Este de Europa.

Al tratarse de una sustancia ilegal los transportistas, llamados muleros, camellos, traficantes y demás apelativos, idean y maquinan formas y métodos de lo más variopintos para introducir su mercancía en territorio nacional.

Las cantidades grandes de hachís, superiores a cuatrocientos o quinientos kilos, se suelen transportar de varias maneras: 1) en lanchas muy potentes y veloces, llamadas planeadoras (gomas en el argot) (Fig. 27), desde la costa Marroquí hasta las costas Españolas de las provincias de Huelva, Málaga, Cádiz, Granada y Almería; 2) en camiones que cruzan el paso del Estrecho de Gibraltar en ferris y van cargados, además de con hachís, con otros productos, como verduras, frutas o pescado, para intentar engañar a los agentes de aduanas; 3) en barcos de pesca y de recreo (Fig. 28) y 4) en pequeñas avionetas y helicópteros.⁹⁶⁻⁹⁸



Figura 27. Tipo de lancha neumática para el transporte de hachís.⁸⁸



Figura 28. Modelo de pesquero usado para el transporte de hachís.⁸⁸

Las cantidades intermedias, inferiores a cuatrocientos kilos, se transportan de forma habitual en coches particulares y furgonetas pequeñas que cruzan el Estrecho de Gibraltar en ferris, como si fuesen turistas, y que esconden su mercancía ilícita en los sitios más recónditos, como ruedas, depósitos, puertas y demás lugares lejos de la vista de los agentes aduaneros (Figs. 29 y 30).



Figura 29. Rueda de automóvil con hachís.⁸⁸



Figura 30. Detalle de escondite de hachís en automóvil.⁸⁸

Finalmente, el transporte de las pequeñas cantidades de Hachís lo realizan los propios individuos que, bien lo transportan en su interior o adosado a su cuerpo (Fig. 31), o bien en maletas o bolsos junto con ropa y demás enseres personales (Fig. 32).



Figura 31. Detalle de individuo con hachís adosado a su cuerpo.⁸⁸



Figura 32. Detalle de silla portabebés usada para esconder hachís.⁸⁸

Resulta interesante destacar el transporte en el interior del cuerpo del individuo ya que necesita una preparación previa. El transportista, conocido también como camello o mulero, se ha de purgar antes con un laxante fuerte para vaciar el contenido de su intestino grueso. Además, hay que preparar la sustancia a transportar, la cual se modela primero con forma de bellota de unos cinco a quince gramos de peso y se envuelve con papel celofán (Fig. 33). Posteriormente, se recubre con una pequeña capa de vaselina filante y, finalmente, se introduce por el ano el mayor número posible. Al llegar a su destino, el individuo defeca estos bolos, quedando listos para su posterior venta.⁹⁹

Este tipo de transporte también se ha detectado en el interior de la vagina, pero es mucho menos habitual.¹⁰⁰



Figura 33. Detalle de bolos o bellotas transportados en el interior del cuerpo.⁸⁸

En otras ocasiones, el individuo traga estos bolos junto con grandes cantidades de yogur. En este caso, y debido a los ácidos del estómago, el envoltorio del hachís debe ser más resistente, por ello se pone una doble capa de papel celofán, o se envuelve en otros materiales, como látex proveniente de preservativos. El hecho de ingerir grandes cantidades de yogurt líquido tiene como fin neutralizar la mayor parte del ácido clorhídrico segregado en el estómago y así proteger el envoltorio de la mercancía ingerida; la ruptura de ésta supondría un riesgo importante para la salud del individuo. Al igual que cuando se transporta vía rectal, al llegar a su destino el individuo defeca su mercancía y la pone a la venta.¹⁰¹

ADULTERACIÓN Y CONTAMINACIÓN

Definición y Clasificación

Se define adulteración como la pérdida de pureza de una sustancia. En el caso del hachís esta pérdida de pureza se produce de dos formas bien diferenciadas: 1) adulteración intencionada y 2) de manera no intencionada; este segundo grupo incluye la contaminación microbiológica. En este estudio, se ha considerado adulterante toda aquella sustancia introducida de forma intencionada con fines económicos y que provoca una disminución de la calidad final del producto.

Adulteración Intencionada

Justificación. En este negocio de producción, transporte y venta de hachís -ilegal en todos los casos- existe una máxima: cuanta más sustancia se tenga mayores serán los beneficios económicos a la hora de la venta. Por ello, y teniendo en cuenta que su calidad no está regulada por ninguna dependencia de la Administración, tanto productores como vendedores se afanan en obtener la mayor cantidad posible de hachís, aún a riesgo de disminuir la calidad del producto.⁵⁸

Cómo y dónde se produce. El primer proceso de adulteración es llevado a cabo por los productores en el país de origen. Éste ocurre durante el proceso de secado de la planta y antes de proceder a la extracción de hachís debido a una mala gestión del cultivo. En la gran mayoría de los casos, el consumidor de hachís busca una sustancia con alto contenido en THC, pero dada la escasez de recursos y de instalaciones adecuadas, los fardos de 20-30 plantas se apilan al sol para que sequen lo más pronto posible. La exposición solar degrada los cannabinoides de manera que parte del THC se oxida y transforma en CBN, principio activo con efectos psicoactivos inferiores y distintos al THC, perdiendo potencia la yerba obtenida.⁸⁹ El productor es consciente de este proceso ya que también suele ser consumidor, pero le interesa más el tiempo que la calidad, es decir, al sol la planta se seca mucho antes que en sacos protegido de la luz, pero cuanto antes se seque antes producirá el hachís y antes lo podrá vender para obtener beneficios, ya que la competencia con otros productores es grande.

Aún sin exposición a la luz solar, el THC también se oxida con el paso del tiempo a Cannabinol (CBN). Por ello, la degradación del THC en CBN puede ser de utilidad para averiguar el tiempo que lleva preparada una muestra de hachís.

El segundo proceso de adulteración, también llevado a cabo por el productor, se produce al emplear un material de fabricación muy rústico, como telas reutilizadas, plásticos y tamices deteriorados, donde se mezcla parte del producto de interés con sustancias ajenas como pelos, trozos de plástico y tela, además de restos de hojas, flores y tronco de la planta original. En este caso, aunque el productor es consciente de ello, dadas sus limitaciones técnicas y la ventaja añadida de aumentar la producción, no hace ningún esfuerzo por remediarlo.¹⁰²

Durante el empaquetamiento se produce el tercer proceso de adulteración, que consiste en añadir restos vegetales muy molidos de la propia planta y de otras plantas, como *Lawsonia inermis* L. (henna),¹⁰³ junto con resina,¹⁰⁴ principalmente de pino, adulterante que confiere al producto terminado un aspecto brillante y elástico además de, según los productores, favorecer la conservación del hachís.

En el transporte, el hachís no suele sufrir ningún proceso de adulteración intencionada, ya que lo que realmente interesa es que sea lo más rápido posible y que la mercancía sea escondida en su destino también con rapidez.

Una vez que el producto está en manos de los grandes compradores y distribuidores tampoco suele ser adulterada de forma intencionada.

En el caso de distribuidores y compradores intermedios, personajes que adquieren cantidades entre cinco y cien kilos, tampoco se detecta adulteración intencionada. No les interesa, se dedican principalmente a surtir a los pequeños vendedores callejeros y a la recogida de beneficios económicos.

El siguiente, y último, eslabón de la cadena es el conocido vulgarmente como camello de barrio o vendedor callejero. Éste sí que tiene relevancia con respecto a la adulteración

intencionada. Este pequeño traficante se mueve por diversos lugares, como parques, bares, pubs, discotecas y recreativos, donde vende su mercancía sin ningún pudor.

En el mejor de los casos, el hachís no está adulterado por él, lo que suele ocurrir cuando el comprador es un cliente habitual, pero cuando el cliente no es conocido o sospecha que no entiende mucho de calidades, el camello vende una especie de mezcla que, en la mayoría de los casos, lo que menos contiene es hachís, y en la que se pueden encontrar sustancias adulterantes tan distintas como jarabe de glucosa o sacarosa, parafina, clara de huevo, talco y henna (pigmento vegetal empleado en el tinte del cabello y tatuajes en países árabes). Este acto constituye el cuarto proceso de adulteración.

Contaminación Microbiológica (No Intencionada)

Justificación. Al igual que la adulteración intencionada, la contaminación también puede producirse tanto en la fabricación, como en el transporte, el almacenamiento y la venta callejera de hachís. La primera causa se debe al personal implicado en los procesos, bien por la falta de conocimientos sobre cómo manejar una sustancia dedicada al consumo humano, o bien por desidia o falta de interés en el tema; el segundo motivo está relacionado con el material empleado para su producción (utensilios, herramientas y maquinaria), en la mayoría de los casos sucio, rudimentario y sin mantenimiento.

Cómo y dónde se produce. Teniendo en cuenta que el hachís es una sustancia de origen vegetal y la planta, de la cual se extrae, crece al aire libre, es obvio que es susceptible de ser atacada por diferentes tipos de microorganismos, como hongos, ácaros y bacterias.

La elaboración del hachís se realiza en zonas rurales, más concretamente en cobertizos y hasta en corrales de estas zonas, donde las condiciones higiénico-sanitarias no son las más adecuadas para la elaboración de ninguna sustancia destinada al consumo humano. Además, el material que se emplea y reutiliza, como palos, plásticos y telas, en muchas ocasiones es el que se encuentra por casualidad, al azar. Sin dejar de mencionar las rudimentarias prensas para la elaboración de ladrillos y tortas de hachís, siempre descuidadas de limpieza, oxidadas y deterioradas por el uso y el paso del tiempo.⁸⁹

El empaquetamiento del producto elaborado tampoco está libre de contaminación accidental ya que lo realizan los mismos productores con las manos desnudas y, en el mejor de los casos, sólo sucias de restos vegetales.

El proceso de empaquetamiento, como ya se ha descrito anteriormente, consiste en envolver bien las tortas, adoquines y bellotas de hachís en papel celofán y después en cinta de embalar, o bien en cinta de embalar directamente cuando el fabricante no dispone del citado papel.

Durante el transporte, en el caso de cantidades importantes, la mercancía suele sufrir cambios de temperatura, golpes y vaivenes que deterioran su leve protección, llegando a romperse y, en algunos casos, quedando expuesto el hachís al medio que le rodea. En cualquier caso, y teniendo en cuenta dónde y cómo se transporta (lanchas rápidas y escondites secretos y sucios de coches, camiones, avionetas y barcos de pesca o de recreo), se acentúa mucho más la probabilidad de contaminación por residuos y microorganismos.

Una mención especial, en cuanto a contaminación se refiere, merece la realizada por los pequeños compradores, transportistas y vendedores de hachís en el acto denominado por ellos “bajarse al moro”. Estos individuos, bien en coche particular o bien en transporte público (tren o autobús), se desplazan a Algeciras, Málaga o Almería, donde toman un ferri para llegar al Norte de Marruecos, accediendo, principalmente, a través de Ceuta, pero también por Melilla. Una vez en su destino, compran la mercancía en forma de bellotas o bolos envueltos en papel celofán, la cantidad adquirida no suele superar los dos o tres kilos de hachís. Posteriormente, el individuo introduce el hachís en su propio cuerpo para transportarlo siguiendo los procedimientos ya descritos.

El individuo emprende entonces el camino de regreso a casa utilizando los mismos medios que en el de ida. Tras sortear los distintos controles de seguridad en fronteras y aduanas, el personaje llega a su destino, en este caso la Comunidad Autónoma de Madrid. Una vez en su casa, el individuo defeca su producto y lo desenvuelve con las manos desnudas, tocando a la vez el envoltorio y el producto final. De esta forma queda casi garantizada la contaminación del Hachís con restos fecales. Ahora, el producto está listo

para la venta callejera. El almacenamiento del producto por parte de este individuo suele ser en algún lugar lúgubre de la casa, como un doble techo, un agujero de la pared o debajo de alguna baldosa hueca, donde las condiciones de humedad y temperatura no son las más adecuadas para la conservación del hachís, además de estar expuesto al ataque microbiológico de multitud de bacterias y hongos.

Estos personajes ponen a la venta su producto, normalmente no adulterado, entre compradores conocidos por él, los cuales aprecian mucho su producto. Para ellos, la presencia de un fuerte olor a heces e incluso restos de éstas es signo de calidad.

Estos compradores, transportistas y vendedores realizan estas excursiones entre dos y cuatro veces al año, dependiendo de la demanda de producto.

Es evidente que el proceso de almacenamiento es un aspecto interesante desde el punto de vista de la contaminación microbiológica. No sólo en lo referente a los pequeños vendedores de hachís, sino también cuando se produce a gran escala, ya que el hachís no se almacena en cámaras o receptáculos asépticos y con unas condiciones de temperatura y humedad óptimas; por el contrario, lo almacenan en naves industriales, en ocasiones abandonadas, o en agujeros o zulos del propio suelo (guarderías en el argot), con condiciones de temperatura y humedad subordinadas a la meteorología, además de tener unas condiciones de limpieza e higiene lamentables y en los cuales es bastante fácil que el hachís se contamine con los microorganismos existentes en estos lugares.¹⁰⁵

El proceso de venta de hachís tampoco queda exento de contaminación. Habitualmente, la venta callejera se realiza de forma que el vendedor (camello) no lleva encima nada de hachís, lo que se debe a dos motivos principales: el primero es por su propia seguridad ya que, al no portar nada, evita que posibles clientes acaben robándole su mercancía; el segundo, es por si le detienen las Fuerzas de Seguridad ya que, al no llevar mercancía ilegal, o como mucho una cantidad mínima de hachís, la sanción que recibiría sería pequeña o nula. Cuando el cliente se acerca al vendedor para solicitarle una cantidad determinada de hachís, ya sea en plena calle o en un local público, como un bar o unos recreativos, éste desaparece por unos instantes y vuelve exclusivamente con la cantidad

solicitada; seguidamente, el comprador examina la mercancía durante unos momentos y se lleva a cabo la transacción comercial. Finalmente, ambos personajes toman caminos diferentes.

La inevitable pregunta que surge en este proceso es ¿dónde está guardado el hachís? El hachís se encuentra escondido no muy lejos del vendedor y vigilado por éste o por algún ayudante, en lugares tan dispares como el interior de una papelería, la base de un árbol cercano cubierto por hojas o bajo alguna piedra o adoquín. En otras ocasiones, la mercancía se localiza a la entrada de alguna alcantarilla cercana, en plena calle.

Teniendo en cuenta que el hachís no está protegido en ningún momento por envoltorio alguno y los lugares donde éste se deposita antes de la venta, es fácil entender que el hachís contenga cierta contaminación microbiológica. Además, si consideramos los numerosos momentos en los que podría producirse la contaminación, sería interesante determinar si, en caso de existir dicha contaminación microbiológica, ésta afecta a toda la muestra o sólo a su superficie externa, indicando así si se produce en origen, es decir, en el momento de la elaboración o fabricación de las muestras o si, por el contrario, ocurre en los procesos de transporte, almacenamiento o venta callejera.

Por todo ello, y aunque existe un informe nacional bienal sobre drogas⁶⁸, éste se realiza sobre material procedente de los grandes alijos incautados durante el transporte y almacenamiento y que aún no ha sido manipulado por el vendedor callejero. En nuestro conocimiento, no hay estudios previos que analicen las características de la resina de cannabis adquirida por los consumidores a través de la venta callejera en la CAM y determinen si apta para el consumo humano. Estas características incluyen la presencia de elementos extraños, adulterantes, contaminación microbiológica y la concentración de principios psicoactivos.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPÓTESIS

Primera. Las características de la resina de cannabis, consumida en las diferentes zonas de la Comunidad de Madrid, indican que es apta para el consumo humano, en cuanto a adulteración y contaminación se refiere.

Segunda. La contaminación por *Escherichia coli* afecta al total de la muestra.

Tercera. La contaminación por *Escherichia coli* es independiente de las características organolépticas de las muestras.

Cuarta. La concentración de principios psicoactivos es independiente de las características organolépticas de las muestras.

OBJETIVOS

Objetivo General

Establecer si la resina de cannabis consumida en la Comunidad de Madrid es apta para el consumo humano y definir su calidad.

Objetivos Específicos

Primero. Determinar si existe adulteración intencionada en las muestras de resina de cannabis procedentes de la Comunidad de Madrid, mediante el análisis de sustancias o productos ajenos a las muestras.

Segundo. Analizar la presencia o ausencia de contaminación por la enterobacteria *Escherichia coli* y hongos del género *Aspergillus*. En caso de encontrar contaminación por *E. coli*, examinar si afecta al total de la muestra o sólo a su superficie externa con el fin de indagar el posible momento de la contaminación.

Tercero. Establecer si la resina de cannabis estudiada puede considerarse apta para el consumo humano.

Cuarto. Determinar si existe relación entre la forma de las muestras y el ser aptas para el consumo.

Quinto. Valorar la calidad de las muestras de resina de cannabis atendiendo a la concentración total de los principales principios psicoactivos (Δ^9 -Tetrahidrocannabinol, Cannabidiol y Cannabinol).

Sexto. Estudiar si existe relación entre la calidad de la resina de cannabis y su lugar de adquisición dentro de la Comunidad de Madrid.

Séptimo. Evaluar la calidad de las muestras en función de sus características organolépticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

Este trabajo se ha desarrollado en los Laboratorios de Farmacología, Microbiología y Química Orgánica de la Universidad Alfonso X el Sabio de Madrid, así como en el Laboratorio de la Fundación Canna de Valencia y no ha contado con ningún tipo de financiación. La adquisición, manipulación y análisis de las muestras han sido realizadas por el doctorando. Además, el autor declara no tener ningún tipo de conflicto de interés con institución o empresa pública ni privada ni con particular alguno.

Muestras

En este estudio se han empleado un total de 90 muestras. 60 de ellas recogidas durante un año, a razón de cinco al mes, en diferentes zonas de la Comunidad de Madrid. Y las 30 muestras restantes, destinadas a un análisis complementario, adquiridas en Madrid-capital. Debido al tamaño de la CAM y para una mejor trazabilidad de las muestras, se establecieron cinco zonas de recogida (Fig. 34) que incluyen tanto la Capital, como distintas localidades de la Comunidad, quedando distribuidas de la siguiente manera:

- Zona I: la Capital.
- Zona II: el Norte de la Comunidad de Madrid.
- Zona III: el Sur de la Comunidad de Madrid.
- Zona IV: el Oeste de la Comunidad de Madrid.
- Zona V: el Este de la Comunidad de Madrid.

Para que los resultados fuesen lo más representativos posible, y teniendo en cuenta que el vendedor callejero que proporciona las muestras tiene el suficiente material comprado para que le dure entre tres y seis meses, se trató de no repetir la compra en el mismo lugar en un periodo inferior a éste, de manera que las muestras perteneciesen a lotes distintos.

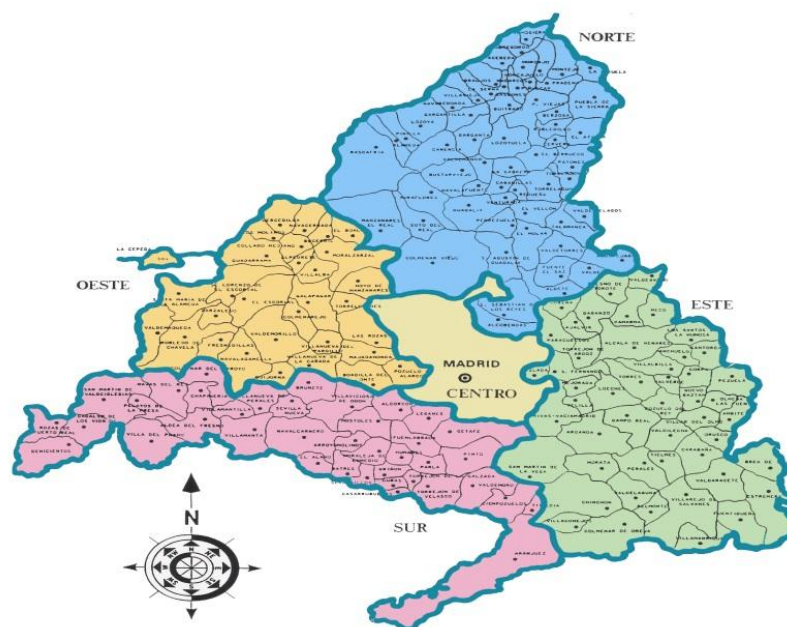


Figura 34. Zonas de recogida de muestras en la Comunidad Autónoma de Madrid.¹⁰⁶

Recogida de Muestras

La recogida o adquisición de muestras se realizó mediante el siguiente protocolo: tras acceder a la localidad fijada, el primer paso consistía en localizar el punto de venta de las muestras, lo que se conseguía preguntando, bien en plena calle, en la puerta de algún bar, o bien en algún parque de la localidad. En estos lugares siempre nos informaban con detalle del punto de venta de hachís. Seguidamente, se contactaba con el vendedor comunicándole nuestro interés. En ese momento, y debido a que habitualmente no llevaba la muestra encima, el vendedor desaparecía unos instantes y, al volver, nos mostraba su mercancía. Después de examinarla de forma visual, y si nos convencían sus características organolépticas, nos quedábamos con la nuestra previo pago de la cantidad acordada con el vendedor (Fig. 35a). Tras la adquisición, se introducía la muestra inmediatamente en una bolsa estéril de plástico y se etiquetaba (Fig. 35b).



Figura 35. Aspecto de la bellota de hachís (a); Bolsa estéril para guardar las muestras (b).

Clasificación y Conservación de las Muestras

En el laboratorio, las muestras se clasificaron y conservaron hasta su posterior análisis, anotando el precio, la fecha y la localidad exacta de recogida de la muestra; así mismo, para conseguir un mejor manejo y trazabilidad, cada muestra recibió un código consistente en la letra H seguida de un número, el cual correspondía al orden correlativo de recogida de las muestras (H1 – H60), y separado por un guion se registró, en números romanos, la zona a la que pertenecía la muestra.

El siguiente paso consistió en la conservación adecuada de las muestras para evitar tanto falsos positivos, como falsos negativos y datos erróneos en los análisis posteriores. Para ello, las muestras se introdujeron en un congelador de laboratorio a una temperatura de -40°C (Fig. 36). Este proceso se realizó nada más etiquetar las muestras y con la mayor celeridad posible.



Figura 36. Congelador utilizado para las muestras.¹⁰⁷

Material para el Análisis Macroscópico, Microscópico y Organoléptico

- La vista, el olfato, el tacto.
- Balanza de precisión Sartorius GL 3231.
- Molinillo de laboratorio, TL3000.
- Lupa binocular de laboratorio, Motic ST39.
- Microscopio óptico, Olympus CX-31.
- Pinzas de punta fina.
- Espátula de laboratorio.
- Luz ultravioleta de 254 nm.

Material para el Análisis Químico (Determinación de Adulterantes)**Material Inventariable**

- Molinillo de laboratorio eléctrico de martillos, modelo TL3000.
- Lupa binocular de laboratorio, modelo Motic ST-39.
- Agitador eléctrico vórtex analógico de 3500 r.p.m. modelo V2H Boeco.
- Pinzas de punta fina.
- Espátula.
- Balanza de precisión Sartorius GL 3231.

Material Fungible

- Tubos de ensayo de plástico.
- Vidrio de reloj.
- Guantes estériles.
- Bisturí.
- Reactivos:
 - Fehling (Panreac-AppliChem).
 - Marqués (Smplest).
 - Agua destilada.
 - Cloroformo (Guinama).
 - Amoniaco (Guinama).

- Ac. Clorhídrico (Panreac-AppliChem).
- Tiocianato de cobalto (test de Scott).
- Ac. Nítrico (Guinama).
- Verde de bromocresol (Labkem).
- Hidróxido sódico (Panreac-AppliChem).

Material para el Análisis Microbiológico

Material Inventariable

- Molinillo eléctrico de laboratorio, TL3000.
- Lupa binocular de laboratorio, Motic ST39.
- Agitador eléctrico de laboratorio, V2H Boeco.
- Microscopio óptico, modelo Olympus CX-31.
- Incubadora para bacterias y para hongos, Panasonic modelo MIR 162is (Fig. 37).
- Balanza de precisión.
- Pinzas de laboratorio estériles de punta fina.
- Espátula de laboratorio.



Figura 37. Incubadora para el crecimiento de bacterias y hongos.

Material Fungible

- Pipetas y micropipetas con puntas estériles desechables.
- Porta objetos de microscopio.
- Guantes estériles.

- Bisturí.
- Placas de cultivo.
 - Placas de Agar-Sabouraud.
 - Placas Petrifilm sec 3M.
- Tiras de papel celofán adhesivo.
- Azul de metileno.
- Asas de siembra y mecheros.
- Tubos de ensayo estériles y con tapón de rosca.
- Agua destilada.
- Suero fisiológico.

Material para el Análisis Físico-Químico (Determinación de Otros Adulterantes y Principios Psicoactivos)

Material Inventariable

- Molinillo de laboratorio, TL3000.
- Lupa binocular de laboratorio, Motic ST39.
- Agitador eléctrico de laboratorio, V2H Boeco.
- Lámpara de luz ultravioleta de 365nm para el caso de placa visible.
- Pinzas de punta fina.
- Espátula de laboratorio.
- Lámpara de luz ultravioleta de 254nm para el caso de placa de ultravioleta.
- Balanza de precisión Sartorius GL 3231.
- Cromatógrafo líquido de alta presión acoplado a un detector ultravioleta (HPLC-uv) de Jasco Industries (Mod. uv-2075 plus), con el cual detectaremos tanto los principios psicoactivos, como la concentración de éstos.

Un cromatógrafo líquido de alta presión consiste en un aparato que contiene una serie de componentes, como el inyector, que inyecta la muestra en el siguiente componente con la ayuda de un líquido a una presión comprendida entre 1-60 bares; el siguiente componente es la columna de cromatografía, en este caso de carbono, en la cual se

repartirán las muestras en función de su masa y su carga. Al final de la columna se encuentra el detector ultravioleta que consiste en una fuente de luz que pasa a través de los distintos componentes ya separados de la muestra y que, dependiendo de la absorbancia de los componentes, dará una señal que se recogerá en un registrador. El registrador mandará señales al ordenador. Según los tiempos de retención de los componentes de las sustancias y la adsorción de las mismas, el ordenador identificará los componentes de la muestra, así como su concentración en función del área bajo la curva. El último componente del cromatógrafo líquido de alta presión, que a veces no aparece por no ser estrictamente necesario, es una impresora que, como tal, imprimirá los resultados obtenidos (Fig. 38).



Figura 38. Cromatógrafo líquido de alta presión (HPLC-uv).

Material Fungible

- Tubos de ensayo de plástico y vidrio.
- Filtro de pliegues.
- Vidrio de reloj.
- Capilares de vidrio.
- Bisturí.
- Placas de cromatografía visible y ultravioleta.
- Cubeta de cromatografía.

- Guantes estériles.
- Reactivos:
 - Agua destilada.
 - Metanol (Guinama).
 - Etanol (Guinama).
 - Hexano (98,7%, Riesgo SA).
 - Tolueno (98%, Riesgo SA).
 - Dietil éter (Riesgo SA).
 - Diclorometano (99%, Guinama).
 - Acetonitrilo (Guinama).
 - Cloroformo (Guinama).
 - Tribencilamina (Guinama).
 - Muestra patrón de THC y THCa.
 - Muestra patrón de CBD y CBDA.
 - Muestra patrón de CBN.
 - Colofonia pura (100%, Gran Velada).
 - Lawsone puro (2-hidroxi 1,4-naftoquinona o ácido hennotánico) (Sigma-Aldrich Quimica, S.L.).
 - Ácido acético glacial o ácido etanoico (100%, Guinama).

MÉTODOS

El periodo de tiempo desde la adquisición de las muestras hasta la realización de los primeros análisis estuvo comprendido entre 10 y 15 días. Antes de analizar las muestras, se dejaron descongelar sobre una superficie estéril, a temperatura ambiente (22°C), el tiempo requerido, que varió en función de la forma y tamaño de la muestra. La manipulación posterior se realizó con la ayuda de pinzas, espátulas, bisturís y guantes estériles.

En la presente Tesis Doctoral, se han realizado los siguientes análisis: macroscópico, microscópico, microbiológico, químico y físico-químico.

Método de Análisis Macroscópico

El análisis macroscópico fue el primero que se realizó. Se obtuvieron datos que, junto con las demás pruebas, permitieron establecer las características del producto.

Descripción y Protocolo

Se registraron las siguientes características de las muestras:

- La forma, que puede ser de dos tipos: bellota y lingote.
- El peso.
- El color, clasificado en tres categorías: amarillo (valor=1), verde claro (valor=2) y verde oscuro (valor=3).
- La textura exterior: pegajosa o seca. Si tras una leve presión la muestra quedaba pegada a los dedos, se calificaba como pegajosa; mientras que si la muestra no se adhería nada a los dedos se catalogaba como seca.
- El olor que desprendía, es decir, si solamente olía a hachís o se detectaba algún tipo de olor extraño a la propia muestra.
- La elasticidad: nula, media o alta. Se consideró elasticidad nula cuando la muestra se rompía a la mínima tracción; elasticidad media cuando la muestra era capaz de unirse por ambos extremos, pero se fracturaba al volver a su posición inicial; y elasticidad alta si la muestra era capaz de unirse por ambos extremos y volver a su posición inicial sin fracturarse.

Tras el análisis organoléptico y con la ayuda de un vidrio de reloj, unas pinzas y un bisturí, se practicó un corte longitudinal de la muestra (Fig. 39) para su observación, a simple vista primero y, después, con la ayuda de una lupa de laboratorio. A continuación, se realizó un corte transversal para conseguir una muestra dividida en cuatro trozos que se observaron como antes, primero a simple vista y, después, con la ayuda de la lupa de laboratorio.



Figura 39. Corte longitudinal de la muestra.

Uno de los cuatro trozos en los que se dividió la muestra, se introdujo en el molinillo eléctrico a 3500 r.p.m. durante 20 segundos (Fig. 40). Esta cantidad de hachís pulverizada se depositó en un vidrio de reloj y se observó de nuevo, primero a simple vista y después con la ayuda de la lupa de laboratorio, buscando elementos extraños o ajenos a lo que debería de ser la muestra en sí misma y que formasen parte de una pérdida de pureza o adulteración.



Figura 40. Muestra de hachís pulverizada lista para analizar.

En principio, el hachís no debería contener ningún elemento fotoluminiscente, pero podría existir algún elemento introducido de forma intencionada que sí lo fuese, como lawsone (tinte presente en el polvo de henna). Por ello, la muestra pulverizada fue sometida a la acción de la luz ultravioleta de 254nm de longitud de onda, en busca de estas sustancias adulterantes.

Otra de las pruebas rápidas y sencillas que se practicaron antes del resto de análisis consistió en tomar una pequeña muestra de hachís pulverizado, de unos 50 mg, que se frotó contra una uña; seguidamente, con un algodón empapado en agua destilada se retiró la muestra de la uña; si la uña se teñía de un color marrón-rojizo, era indicativo de una adulteración con henna; si, por el contrario, la uña permanecía con su color original, significaba que no existía adulteración por henna, o bien que se trataba de un falso negativo.

Método de Análisis Microscópico

El análisis microscópico se realizó a continuación del macroscópico y se aprovechó gran parte del trabajo de éste.

Descripción y Protocolo

Para el análisis microscópico se utilizó la muestra pulverizada empleada en el análisis macroscópico. El contenido del vidrio de reloj supone el 25% de la muestra total y se encuentra pulverizado por la acción del molinillo eléctrico. Con ayuda de una espátula, se tomaron pequeñas porciones de la muestra pulverizada y se colocaron sobre un porta-objetos formando una finísima capa, que se observó a través del microscopio con diferentes objetivos en busca de elementos extraños y de ciertos adulterantes, como polvo de vidrio y polvo de talco. Esta operación se repitió tantas veces como fue necesario hasta agotar la muestra pulverizada. Los elementos extraños, o ajenos a la muestra, se separaron con la ayuda de unas pinzas de punta fina para su posterior clasificación e identificación.

Método de Análisis Químico: Determinación de Adulterantes

Mediante esta batería de análisis, se intentó determinar la presencia o ausencia de determinadas sustancias que pudieran formar parte de algún tipo de adulteración intencionada.

Determinación de Glúcidos

La primera de las pruebas consistió en la búsqueda de azúcares en la muestra; concretamente la presencia o ausencia de glucosa y sacarosa. Recordemos que, de forma intencionada, se le añade al hachís jarabe de glucosa o sacarosa para darle un aspecto pegajoso y brillante. El objetivo es engañar al comprador, ya que para éste, un aspecto pegajoso y brillante suele ser motivo de buena calidad.

Para la determinación se siguió el protocolo estándar,^{108,109} como se describe a continuación: se tomaron 0,5 g de cada una de las muestras pulverizadas y se introdujeron en un tubo de ensayo, añadiendo 5 ml de agua destilada y agitando la mezcla durante cinco minutos. A continuación, se filtró la mezcla con un filtro de pliegues. Este líquido filtrado se depositó en dos tubos de ensayo. A uno de ellos se le añadieron tres gotas de licor de Fehling, reactivo empleado para comprobar, mediante cambio de color de azul a rojo, la presencia de glucosa en el tubo de ensayo. Si esta primera prueba resultaba negativa, se empleaba el segundo tubo, en el que primero se realizaba una hidrólisis ácida con 1 ml de

ClH 1M para romper el enlace del disacárido, en el caso de que estuviese presente; después se añadían tres gotas de licor de Fehling y calor para averiguar si la muestra contenía sacarosa (Fig. 41). Con esta reacción se pueden detectar 0,1 g de glúcidos por cada gramo de muestra.

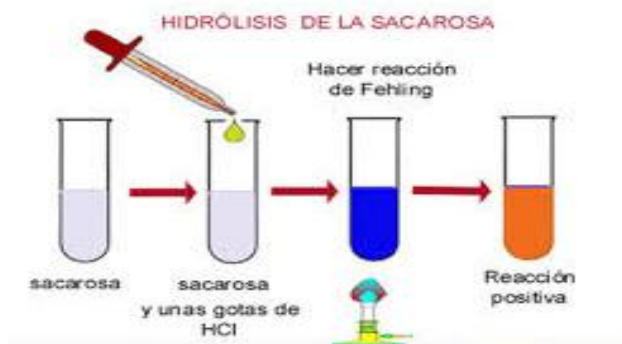


Figura 41. Detalle de hidrólisis de la sacarosa.¹¹⁰

Determinación de Derivados Opiáceos y Cocaína

La segunda prueba químicas se realizó para buscar sustancias adulterantes añadidas con la intención de aumentar el grado de adicción a la resina de cannabis, como cocaína, morfina, heroína o codeína. Estas cuatro sustancias son alcaloides, por lo que para demostrar su presencia, primero hubo que aislarlas de la muestra y, después, mediante reactivos específicos que darán reacciones coloreadas, comprobar la presencia o ausencia de estas sustancias.

Para esta determinación se siguió el protocolo que se detalla a continuación:¹¹¹ de cada una de las muestras se tomó una cantidad pulverizada de 0,5 g y se introdujo en una ampolla de decantación junto con 10 ml de agua destilada y 20 ml de cloroformo, seguidamente se añadieron 0,5 ml de amoníaco concentrado. La mezcla se agitó enérgicamente durante 5 minutos y se dejó reposar durante 15 minutos. A continuación, se decantó el contenido y se desechó la fase acuosa. La fase orgánica se filtró con un filtro de pliegues y al líquido filtrado se le añadieron 10 ml de ácido clorhídrico al 10%, repitiendo la agitación y el reposo. Posteriormente, se recogió la fase acuosa en cuatro tubos de ensayo: 1) al primero se le añadieron 5 gotas de tiocianato de cobalto, que indicará la presencia de cocaína si aparece un precipitado de color azul celeste; 2) al segundo tubo de ensayo se le

añadieron 2 o 3 gotas de ácido nítrico, el cual demostrará la presencia de morfina si aparece un color naranja que vira rápidamente a rojo y después lentamente a amarillo blanco. Al tercer y cuarto tubo de ensayo se les añadieron también 2 o 3 gotas de ácido nítrico y se observaron los colores que aparecían, de forma que: 3) en el tercer tubo de ensayo, la prueba era positiva en codeína si aparecía un color naranja que viraba lentamente a amarillo; y 4) en el cuarto tubo de ensayo, si aparecía un color amarillo que viraba a verde claro la prueba determinaba la presencia de heroína (Fig. 42). Con estas reacciones se pueden detectar 0,001 g de opiáceos o cocaína por cada gramo de muestra.



Figura 42. Reacciones coloreadas en la determinación de opiáceos y cocaína.

Determinación de Derivados Anfetamínicos

La tercera de las pruebas químicas se utilizó para demostrar la presencia o ausencia de anfetaminas o éxtasis (derivados de anfetaminas), otra de las sustancias empleadas por los vendedores de resina de cannabis para aumentar el grado de adicción a esta sustancia. El procedimiento fue el siguiente:¹¹¹ se tomaron 0,5 g de muestra pulverizada y se depositaron en un vidrio de reloj. A continuación, la muestra se separó en tres partes iguales y, a cada una de ellas, se le añadieron dos gotas del reactivo de Marquís. En función de los colores que aparecían, se determinaba la presencia o ausencia de ciertos adulterantes, de manera que: si el pocillo con la muestra se volvía de color morado o negro, indicaba la presencia de éxtasis y, si se tornaba color marrón oscuro, determinaba la presencia de anfetaminas en la muestra analizada (Fig. 43). Con esta reacción se pueden detectar 0,001 g de derivados anfetamínicos por cada gramo de muestra.



Figura 43. Muestras preparadas para la determinación de anfetaminas y éxtasis.

Con el reactivo de Marquís se pudo valorar también la presencia de heroína, si éste era el caso, aparecía en el vidrio de reloj un color rojo oscuro.

Determinación de Ovoalbúmina

En ocasiones, los fabricantes de Hachís emplean clara de huevo para dar un aspecto brillante a las muestras y hacerlas más elásticas, intentando que parezcan tener mayor calidad de la que realmente tienen; lo que convierte a la clara de huevo en una sustancia adulterante. Por ello, la cuarta prueba química consistió en la demostración de ovoalbúmina, proteína que constituye el principal componente, aparte del agua, de la clara de huevo. La ovoalbúmina reacciona con el reactivo verde de bromocresol (BCG al 0,04%), con el que forma un complejo, provocando que el reactivo vire de su color original amarillo-verdoso a verde-azulado. Así mismo, puede cuantificarse también la cantidad de ovoalbúmina empleando un espectrofotómetro a 630 nm.

Para este procedimiento, se procedió como sigue:^{108,109} 0,5 g de muestra, molida durante 20 segundos con un molinillo eléctrico, se introdujeron en un tubo de ensayo que contenía 5 ml de agua destilada. Con la ayuda de un agitador eléctrico, se homogeneizó la mezcla durante dos minutos y la suspensión obtenida se filtró con un filtro de pliegues. Seguidamente, se cogieron 0,5 ml del líquido filtrado y se depositaron en un tubo que contenía 2 ml del indicador verde de bromocresol. En caso de presencia de ovoalbúmina, el indicador (BCG) presente en el tubo de ensayo pasará de un color amarillo-verdoso a verde-azulado (Fig. 44). Con esta reacción se pueden detectar 0,1 g de ovoalbúmina por cada gramo de muestra analizada.

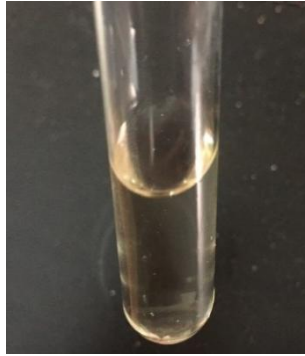


Figura 44. Reacción de la muestra con bromocresol.

Método de Análisis Microbiológico

El objetivo de estos análisis consistió en determinar la carga microbiológica de cada muestra, referida a la presencia o ausencia de la enterobacteria *Escherichia coli* y a su concentración, así como la carga fúngica, en relación con la presencia o ausencia de hongos del género *Aspergillus* y su concentración.

Descripción y Protocolo

Para el análisis microbiológico se siguió el protocolo estándar, que incluye: homogeneización de las muestras, dilución, siembra, crecimiento de bacterias y hongos y, por último, identificación y cuantificación o recuento de colonias bacterianas (*E. coli*) y fúngicas.^{112,113}

Homogeneización de las muestras. Con pinzas estériles, se tomó 1 g de muestra y se pulverizó con un molinillo eléctrico estéril, a 3500 r.p.m. durante 20 segundos.

Dilución de las muestras. El gramo de muestra homogeneizado se suspendió en un tubo de ensayo estéril con tapón de rosca que contenía 10 ml de suero fisiológico. Todo ello manteniendo las condiciones de esterilidad más estrictas para evitar contaminaciones cruzadas. Seguidamente, de cada tubo se extrajo 1 ml y se introdujo en otro tubo de ensayo que contenía 10 ml de suero fisiológico. Esta operación se repitió una vez más. El propósito de estas tres diluciones seriadas fue conseguir una dilución final 1:1000 (Fig. 45).

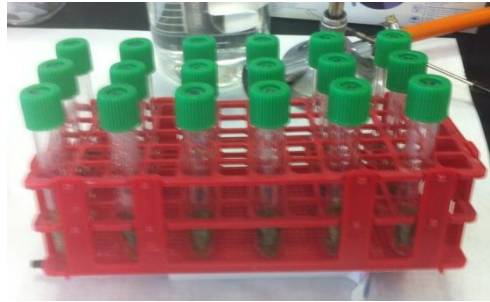


Figura 45. Batería de diluciones seriadas.

Siembra de las muestras. Con la muestra diluida se procedió a la siembra. Se emplearon dos tipos de placas: 1) placas Petrifilm-sec (selectivo *E. coli*) y 2) placas Petri con Agar-Sabouraud-Gentamicina para la siembra, crecimiento y proliferación de hongos (Fig. 46).

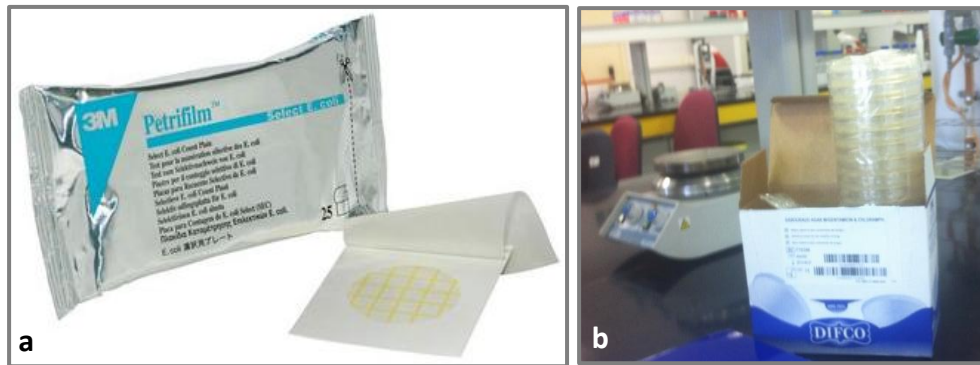


Figura 46. Placas empleadas para la siembra: Petrifilm-sec¹¹⁴ (a) y placas Petri con Agar-Sabouraud-Gentamicina (b).

1) Para determinar el crecimiento de bacterias, la **siembra** se realizó por triplicado con el fin de asegurar un resultado más fiable. En el proceso se siguieron las instrucciones del fabricante (3M):¹¹⁴ se tomó 1 ml de inóculo y se depositó en la placa Petrifilm-sec, después se dejó caer la capa superior y se extendió con el repartidor hasta formar un gel (Fig. 47).

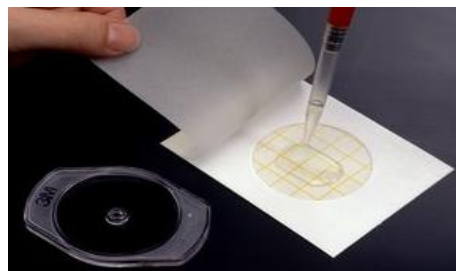


Figura 47. Siembra de la muestra en la placa Petrifilm-sec.¹¹⁴

En el **proceso de incubación**, también siguiendo las indicaciones del fabricante, se introdujeron las placas en la incubadora, a una temperatura de 42°C, durante 24 h. A continuación, se sacaron las placas y se procedió al **recuento**. Las colonias de bacterias de *E.coli* aparecieron como puntos azules, asociados o no a burbujas de gas (Fig. 48). El recuento de unidades formadoras de colonias se realizó a simple vista cuando no eran muy numerosas, pero si el número era muy elevado nos ayudábamos con un contador de colonias, que consiste en un dispositivo con una lupa asociada.

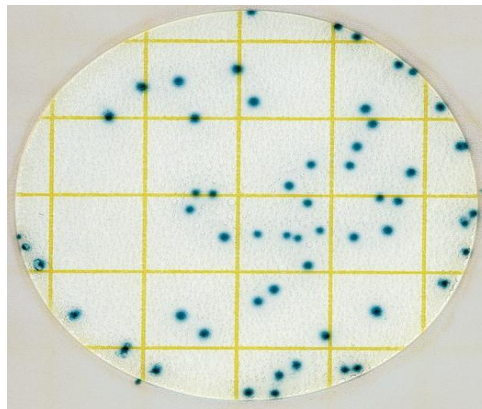


Figura 48. Placa con crecimiento de colonias de bacterias *E. coli* (puntos azules).¹¹⁴

2) Para determinar el crecimiento de hongos se siguió también el procedimiento habitual:^{112,113} la **siembra** se realizó tomando una alícuota de 100 µl de la segunda dilución seriada, es decir, con una concentración de 1:100, y sembrándola por agotamiento en la placa de Agar-Sabouraud. La **incubación** se realizó durante 10-14 días, a una temperatura de 30°C, revisando el crecimiento cada 24 horas (Fig. 49).



Figura 49. Placa de Agar-Sabouraud con crecimiento fúngico.

Para el **aislamiento de las colonias** aparecidas en las placas de Agar-Sabouraud, el proceso fue el siguiente: de cada una de las colonias, con la ayuda de un asa de siembra, se tomó una porción y se suspendió en 10 ml de suero fisiológico. Seguidamente, de ésta solución se cogió una alícuota de 100 µl que se sembró en las mismas condiciones que las descritas anteriormente. Con este sistema se evitan contaminaciones cruzadas y se obtienen colonias de una sola especie, que son más fáciles de identificar.

Para la **Identificación de las colonias**, en primer lugar se sometieron a observación con una lupa de laboratorio, registrando la forma y el color de la colonia, tanto por la parte inferior, como por la superior. En segundo lugar, para poder identificar la especie, se observaron los conidios y las esporas de las colonias con el microscopio. Para ello, se empleó una tira de papel celo que se puso en contacto con la colonia, quedando adherida una cantidad de conidios suficiente para su identificación. Posteriormente, esta cinta se colocó en un porta-objetos y se le añadieron unas gotas de azul de metileno para teñir los conidios (Fig. 50).

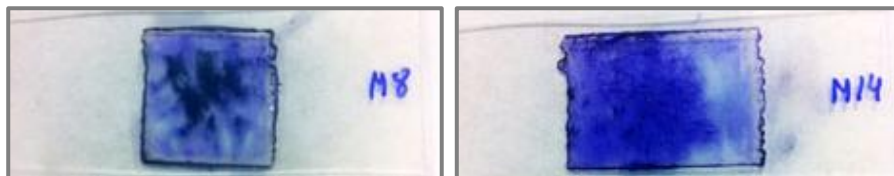


Figura 50. Preparaciones con conidios de dos colonias de hongos.

Análisis Complementario

Los resultados del análisis microbiológico nos llevaron a plantear la siguiente pregunta: ¿La contaminación microbiológica por *E.coli* está distribuida en toda la muestra o sólo en su superficie? Para resolver esta cuestión, se utilizaron 30 muestras adicionales adquiridas en Madrid Capital (Zona I) en los tres últimos meses del año; todas ellas con forma de bellota.

La preparación de estas muestras consistió en: 1) eliminación de la capa superficial, retirando con ayuda de un bisturí una lámina de aproximadamente 2 mm de espesor; y 2) realización de un corte longitudinal a cada una de las muestras y extracción de 1 g del

interior de la pieza original (Fig. 51). En todo momento se mantuvieron condiciones de esterilidad para tener unos resultados acordes a la realidad.

Se realizó el mismo análisis microbiológico para la determinación de *Escherichia coli* ya descrito: pulverización, suspensión, toma de alícuotas, siembra, incubación y recuento de colonias, así como las placas de cultivo, en estas 30 muestras. El proceso de siembra e incubación también se realizó por triplicado para una mayor fiabilidad de los resultados.

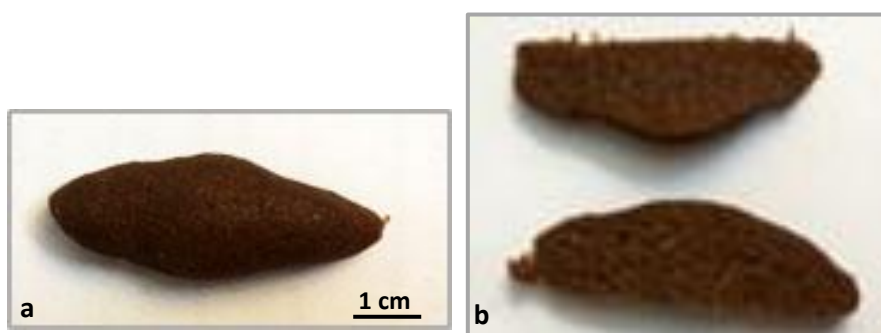


Figura 51. Muestra con forma de bellota a la que se le ha retirado la capa superficial (a) y sección longitudinal de la misma (b).

Método de Análisis Físico-Químico: Determinación de Otros Adulterantes y Principios Psicoactivos

Estos análisis consistieron en cromatografía en capa fina y cromatografía líquida de alta presión, intentando determinar la presencia o ausencia de otras sustancias que pudieran formar parte de algún tipo de adulteración intencionada, así como la concentración de principios psicoactivos (HPLC).

Determinación de Ácido Abiético

El ácido abiético es uno de los principales componentes de la resina de pino, ésta es empleada por los productores y traficantes de resina de cannabis para dar brillo y elasticidad a su producto cuando no es de buena calidad, o bien está seco y deteriorado debido a una mala manipulación o conservación. El ácido abiético no se encuentra de forma natural en la resina de cannabis, por lo que su presencia en las muestras analizadas es indicativo de adulteración con resina de pino.

Este análisis se realizó con el siguiente protocolo:^{115,116} se introdujeron 0,5 g de muestra, previamente molida durante 20 segundos con un molinillo eléctrico, en un tubo de ensayo y se añadieron 10 ml de hexano. Se agitó durante 15 minutos, se filtró y se llevó a sequedad. Posteriormente, se añadió a la muestra 1 ml de tolueno, quedando lista para ser cargada. Como fase móvil de la cromatografía se empleó una mezcla de hexano-dietil éter (80:20 vv).

Paralelamente, se preparó otra cromatografía con las siguientes condiciones: como líquido extractor se utilizó diclorometano (10 ml) y, tras filtrado y sequedad, se añadió también 1 ml de tolueno. La fase móvil consistió en una mezcla de tolueno-acetato de etilo (93:7 vv).

Las dos soluciones preparadas se cargaron en placas de cromatografía de silicagel, tanto visibles como ultravioleta. El hecho de emplear estas dos soluciones se debe a que dependiendo de la luz con la que se observen las cromatografías, los resultados serán más fáciles de identificar.

La fase móvil se dejó correr durante 40 minutos; a continuación, se observaron las manchas bajo luz de 365 nm en el caso de la placa visible y, bajo luz de 254 nm, para el caso de la placa de ultravioleta (Fig. 52).

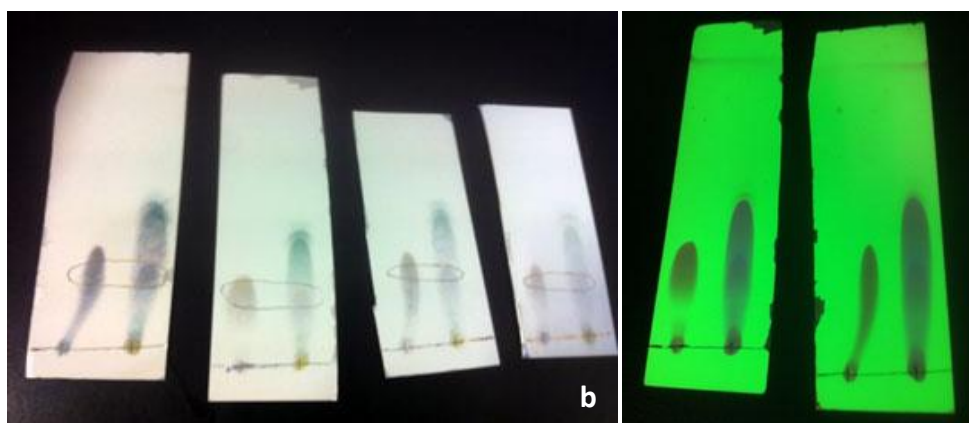


Figura 52. Cromatografías para determinar la presencia de ácido abiético. Observación con luz visible (a) y con luz ultravioleta (b).

Además de las muestras de hachís, como patrón se depositó en las placas de cromatografía una muestra consistente en 100 mg de colofonia disuelto en 1 ml de tolueno. Al final del ensayo, se compararon las manchas (color), así como sus factores de retención ($R_f=0,51$ para el ácido abiético) en las condiciones de la prueba, que identificaron las sustancias adulterantes. Como revelador se empleó vainillina-sulfúrico.

Determinación de Lawsone (Henna)

La henna consiste en una mezcla de hojas y pistilos de la planta *Lawsonia inermis* L. Tradicionalmente, desde hace 5000 años, se ha empleado esta sustancia como tinte para el cabello y para la elaboración de tatuajes, sobre todo en el mundo árabe. La textura de la henna y su color son semejantes al hachís, por ello, y aunque su olor sea diferente, se ha empleado como adulterante del hachís. La henna contiene, entre otros, lawsone (2-hidroxi 1,4-naftoquinona o ácido hennotánico), sustancia responsable de dar un tono marrón-rojizo al cabello, la piel y las uñas ya que forma enlaces covalentes con proteínas, como el colágeno, presentes en estas estructuras. Además, lawsone es fotoluminiscente bajo la luz UVA de 254 nm.

El protocolo para identificar la presencia de henna en las muestras de hachís fue el siguiente: se introdujeron 0,5 g de muestra, molidos previamente con un molinillo eléctrico a 3500 rpm, durante 20 segundos, en un tubo de ensayo y se añadieron 10 ml de diclorometano, se agitó durante 15 minutos y se llevó a sequedad. Seguidamente, se añadió a la muestra 1 ml de tolueno y quedó preparada para ser cargada. Como fase móvil de la cromatografía se empleó una mezcla de tolueno, acetato de etilo y ácido acético glacial o ácido etanoico (8:1:1 v/v/v).

Además de las muestras de hachís, como patrón se depositó en las placas de cromatografía una muestra consistente en 100 μ l de lawsone puro disuelto en 1ml de tolueno. Al final del ensayo, se compararon las manchas (color), así como sus factores de retención ($R_f=0,46$ para lawsone) en las condiciones de la prueba, que identificaron las sustancias adulterantes. Como revelador se empleó vainillina-sulfúrico (Figs. 53 y 54).

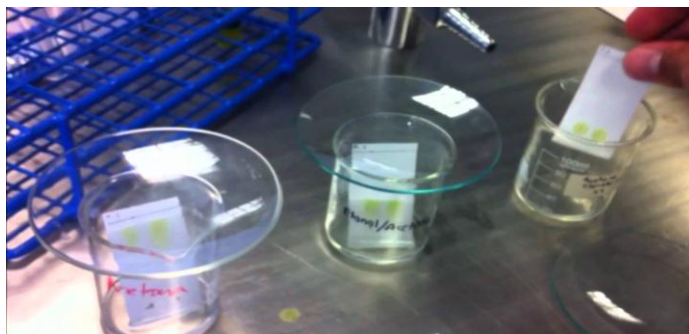


Figura 53. Detalle de las cromatografías en capa fina.

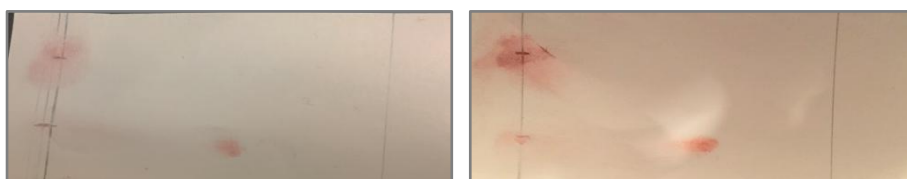


Figura 54. Cromatografías para la determinación de henna. Observación con luz visible.

Determinación de Principios Psicoactivos (HPLC-uv)

La determinación de principios psicoactivos se realizó con un cromatógrafo líquido de alta presión (HPLC) acoplado a un detector ultravioleta (UV). Este cromatógrafo lleva acoplado también un ordenador, que interpreta y traduce las señales que emite, y una impresora, que registra en papel la cromatografía.

El protocolo de actuación, aconsejado por la American Herbal Pharmacology,¹¹⁷ constó de tres pasos: 1º) extracción de principios activos de la muestra, 2º) validación del método, para que los resultados fuesen lo más fiables posible, y 3º) identificación y cuantificación de los resultados de la cromatografía líquida de alta presión.

1º) La extracción de los principios psicoactivos que se analizaron se realizó de la siguiente forma: de cada una de las 60 muestras evaluadas, se tomó una cantidad exacta de 50 mg que se trituraron con un molinillo eléctrico, durante 20 segundos, a 3500 r.p.m. Seguidamente, el material triturado se suspendió en un tubo de ensayo que contenía 5 ml de etanol puro (solución de extracción). Esta mezcla se sometió a un baño de ultrasonidos durante 15 minutos, con el fin de asegurar la completa extracción de los principios psicoactivos. A continuación, el contenido del tubo de ensayo se filtró con un filtro de

pliegues, para separar los posibles restos sólidos que pudiesen interferir en los resultados de las mediciones. Por último, se tomó, por un lado, 1 ml de esta solución y se introdujo en un frasco de análisis cromatográfico. Por otro lado, se prepararon dos diluciones: una con 200 µl de solución inicial llevándola hasta 1 ml con etanol; y la otra, con 16 µl de solución inicial, completando hasta 1 ml con etanol puro. El contenido de estos tres frascos, que han de ser color topacio, se analizó en el HPLC-UV. El hecho de utilizar tres frascos provenientes de la misma muestra da mayor fiabilidad en los resultados y se evitan errores. La muestra así preparada se carga en el carro de muestras del cromatógrafo.

2º) La validación del método consistió en utilizar una muestra patrón de los principios psicoactivos, es decir, delta 9-tetrahidrocannabinol (THC), cannabidiol (CBD) y cannabinol (CBN). En los dos primeros se empleó tanto la forma ácida, como la neutra. El límite de cuantificación y recuperación de la muestra fue superior al 95%.

3º) La identificación y cuantificación de los principios psicoactivos de las muestras fue la propia cromatografía, que transcurrió de la siguiente forma: Una vez obtenidas las diluciones de las muestras, se cargaron en el carro de inyección, donde una jeringa tomó 10 µl de cada una y la inyectó en el sistema junto con la fase móvil; ésta fue una mezcla de agua y acetonitrilo, en principio en una concentración 90:10 que, posteriormente, fue cambiando hasta llegar a 10:90. La muestra corrió a lo largo de la columna de cromatografía tipo C-18, donde se separaron los componentes de la muestra en función de su polaridad. A la salida de la columna se detectaron los principios psicoactivos gracias al detector ultravioleta allí ubicado.

Otros rangos que se establecieron para la validación del método fueron la repetitividad, que nos dio una idea de la desviación de los picos y que fue inferior al 5%, y la precisión, que fue superior al 20% en función de la absorbancia.

El registrador mandó una señal eléctrica al ordenador, mostrando en pantalla todos los picos de cada sustancia, así como su intensidad y el tiempo de retención de cada compuesto.

Dado que el ordenador contenía los datos de los principios activos y la recta de calibrado que le habíamos introducido con anterioridad, dio la información de los principios

psicoactivos que contenía la muestra y en qué proporción. La concentración total de cada principio activo (THC y CBD) fue la suma de su forma ácida más su forma descarboxilada. Excepto en el caso de CBN ya que, al ser un producto obtenido por la degradación del THC, se genera de forma neutra. De estos datos se obtuvo un registro en papel gracias a la impresora que lleva acoplada el ordenador (Fig. 55).

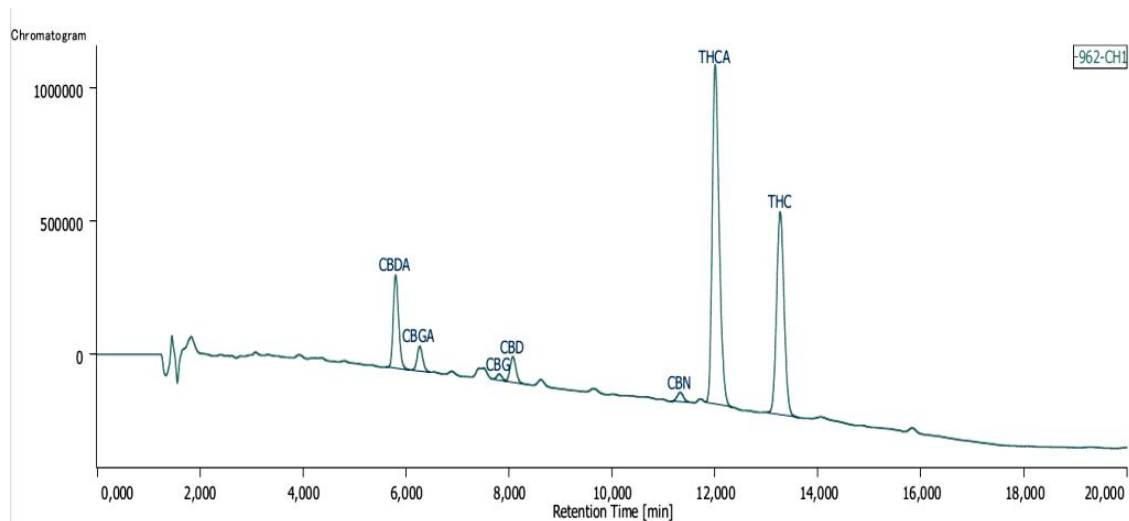


Figura 55. Impresión de una cromatografía en HPLC-UV.

Método de Valoración de la Calidad de las Muestras

Los valores de concentración de THC, expresada en porcentaje, se cruzaron con la escala de calidad del hachís publicada por el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses (Tabla 1),⁶⁸ que establece lo siguiente: calidad excelente ($[\text{THC}] > 25\%$); calidad muy buena ($20\% < [\text{THC}] \leq 25\%$); calidad buena ($15\% < [\text{THC}] \leq 20\%$); calidad media ($10\% < [\text{THC}] \leq 15\%$); y calidad baja ($[\text{THC}] \leq 10\%$). La calidad de las muestras se determinó tanto para la población total de estudio, como para cada una de las zonas de adquisición.

Criterios para Considerar una Muestra No Apta para el Consumo Humano

En el presente estudio, una muestra se consideró no apta para el consumo humano si reunía al menos uno de los siguientes criterios: 1) olor a gasoil, pues sería indicativo de haber estado en contacto con esta sustancia tóxica.; 2) presencia de resina de pino, debido a sus efectos perjudiciales;¹¹⁸ 3) contaminación por *E. coli* superior a 10^3 UFC/g, según

establece la U.S. Herbal Pharmacopeia para el caso de coliformes;^{117,119} y 4) contaminación por *Aspergillus*, ya que por su naturaleza patógena no puede estar presente en muestras adecuadas.¹¹⁷

Método Estadístico

Todos los datos se registraron en una base de datos con el programa Excel. El análisis estadístico se realizó con la ayuda del Departamento de Apoyo a la Investigación de los Servicios Informáticos de la Universidad Complutense de Madrid, utilizando el programa SAS 9.4.

Estadística Descriptiva. En las variables cualitativas, tales como: forma, textura, olor, color, elasticidad, presencia de elementos extraños... la estadística descriptiva se expresó con tablas de distribución de frecuencias y porcentajes. Para las variables cuantitativas, como las UFC de *E.coli* o la concentración de principios psicoactivos, se registró el número de casos (n), la media (\bar{x}), la desviación estándar (DE) y los valores mínimo y máximo.

Análisis Comparativo. Las variables cualitativas, como forma, textura y olor, se relacionaron entre sí mediante la Chi cuadrado de Pearson (comparación de porcentajes) o el test exacto de Fisher (en caso de frecuencias demasiado bajas para alguna categoría).

La relación entre variables cualitativas dicotómicas y variables ordinales, tales como elasticidad (nula=0, media=1, alta=2) o calidad, se evaluó mediante el test de suma de rangos de Wilcoxon.

La relación entre variables cualitativas con más de dos niveles y variables ordinales se evaluó mediante el test no paramétrico de Kruskal-Wallis. En caso de resultar significativo se utilizó un test de comparaciones múltiples no paramétricas.

La relación entre variables cualitativas y numéricas se evaluó con los mismos test que para las ordinales (Wilcoxon y Kruskal-Wallis) dada la importante falta de ajuste a la distribución Normal apreciada en las variables numéricas estudiadas.

Finalmente, para determinar la relación entre variables cuantitativas y/o ordinales, como las diferentes concentraciones de principios psicoactivos, se calculó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman.

En todos los análisis se estableció un nivel de confianza del 95%, es decir, niveles de significación de $p < 0.05$.

RESULTADOS

En el presente trabajo se han analizado, de manera completa, un total de 60 muestras de hachís, todas ellas recogidas en la Comunidad de Madrid durante un año, a razón de cinco al mes. Dentro de la CAM, se han establecido cinco zonas de recogida: Madrid Capital, zona Norte, zona Sur, zona Oeste y zona Este. Las localidades concretas dentro de cada zona, junto con el número de muestras adquirido en cada una de ellas, así como el mes y la época del año de adquisición (época fría y húmeda: meses de octubre a abril; época calurosa y seca: de mayo a septiembre), se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Localidad, mes y época de adquisición y número de muestras de hachís por zona de la CAM.

Zona	Localidad	Mes	n	Época		Total n
				FH	CS	
Zona I (Capital)	Norte de la capital	E,A,My,Ag,O,N	6	11 (64,7%)	6 (35,3%)	17
	Centro de la capital	M,A,My,Ag	4			
	Sur de la capital	E,M,A,Jul(2),O,D	7			
Zona II (Norte)	Alcobendas	E,My,O,N	4	6 (60%)	4 (40%)	10
	Colmenar Viejo	F,S	2			
	San Sebastián de los Reyes	Jun,Jul,O,D	4			
Zona III (Sur)	Móstoles	E,M,Ag,S	4	7 (46,7%)	8 (53,3%)	15
	Alcorcón	F,M,Ag	3			
	Fuenlabrada	F,My,Jun	3			
	Pinto	A,O	2			
	Aranjuez	Jun	1			
	Getafe	Jun	1			
	Parla	S	1			
Zona IV (Oeste)	Las Rozas	F,N	2	5 (62,5)	3 (37,5%)	8
	Majadahonda	F,A	2			
	Pozuelo	Jun,D	2			
	Villanueva de la Cañada	Jul	1			
	El Escorial	S	1			
Zona V (Este)	Alcalá de Henares	E,My,N,D	4	6 (60%)	4 (40%)	10
	Torrejón de Ardoz	M,S	2			
	Arganda	Jul	1			
	Coslada	Ag,D	2			
	San Fernando de Henares	N	1			

E: enero, F: febrero, M: marzo, A: abril, My: mayo, Jun: junio, Jul: julio, Ag: agosto, S: septiembre, O: octubre, N: noviembre, D: diciembre; FH: fría y húmeda; CS: calurosa y seca.

El precio medio por muestra fue 21,7 euros, siendo el mínimo 20€ y el máximo 40€. El peso medio fue de 6,9 g oscilando en un rango entre 4,9 g (muestra adquirida en el mes de enero) y 9,9 g (muestra adquirida en agosto) (Tabla 3).

De otra parte, cuando analizamos el peso de las muestras en función del mes de adquisición, encontramos los siguientes resultados: enero=6,3±0,8 g; febrero=6,6±0,9 g; marzo=7,0±0,4 g; abril=7,1±0,9 g; mayo=7,5±1,6 g; junio=6,8±0,8 g; julio=7,0±0,8 g; agosto=7,2±1,6 g; septiembre=7,0±0,9 g; octubre=6,7±0,9 g; noviembre=6,5±1,5 g y diciembre=7,0±0,6 g. Aunque no realizamos comparación estadística de estos datos debido al bajo número de muestras para cada mes (n=5). Con respecto al precio, sí pudimos constatar que dos de las muestras más caras (40 € y 30 €) correspondían a las muestras con mayor peso (9,7 g y 9,9 g, respectivamente).

Tabla 3. Características de las muestras de hachís analizadas.

Zona de la CAM	Precio (€)			Peso (g)		
	$\bar{X} \pm DE$	Mínimo	Máximo	$\bar{X} \pm DE$	Mínimo	Máximo
Capital (n=17)	20,9 ± 2,6	20	30	6,5 ± 0,9	4,9	8,2
Norte (n=10)	23 ± 6,3	20	40	7,0 ± 1,1	6,0	9,7
Sur (n=15)	21,3 ± 3,0	20	30	7,3 ± 1,0	5,9	9,9
Oeste (n=8)	21,9 ± 2,6	20	25	6,5 ± 0,9	5,0	7,9
Este (n=10)	22,0 ± 3,5	20	30	7,1 ± 0,9	5,9	8,8
Total (n=60)	21,7 ± 3,6	20	40	6,9 ± 1,0	4,9	9,9

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LAS MUESTRAS

La forma de bellota fue la más habitual, encontrada en el 71,7% de las muestras frente al 28,3% con forma de lingote (Fig. 56). En cuanto a la elasticidad, fue nula en el 36,7% de las muestras, media en el 33,3% y alta en el 30% (Tabla 4; Figs. 57-60).



Figura 56. Imagen de muestras de hachís tipo lingote (a) y trozo de éste listo para ser analizado (b).

Tabla 4. Características organolépticas de las muestras de hachís analizadas.

Zona de la CAM	Forma		Elasticidad		
	Bellota % (n)	Lingote % (n)	Nula % (n)	Media % (n)	Alta % (n)
Capital (n=17)	76,5% (13)	23,5% (4)	35,3% (6)	41,2% (7)	23,5% (4)
Norte (n=10)	40% (4)	60% (6)	60% (6)	20% (2)	20% (2)
Sur (n=15)	100% (15)	0	20% (3)	40% (6)	40% (6)
Oeste (n=8)	37,5% (3)	62,5% (5)	62,5% (5)	37,5 (3)	0
Este (n=10)	80% (8)	20% (2)	20% (2)	20% (2)	60% (6)
Total: % (60)	71,7% (43)	28,3% (17)	36,7% (22)	33,3% (20)	30% (18)

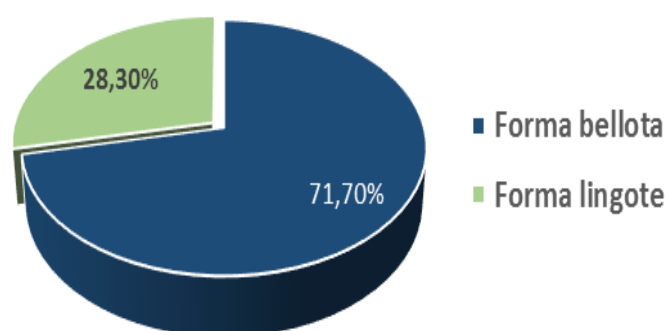


Figura 57. Forma de las muestras en la población total de estudio.

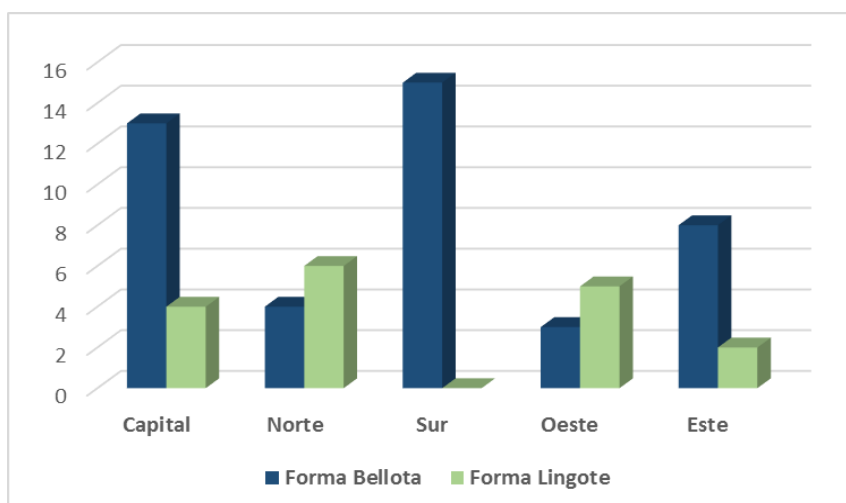


Figura 58. Forma de las muestras en función de la zona de procedencia.

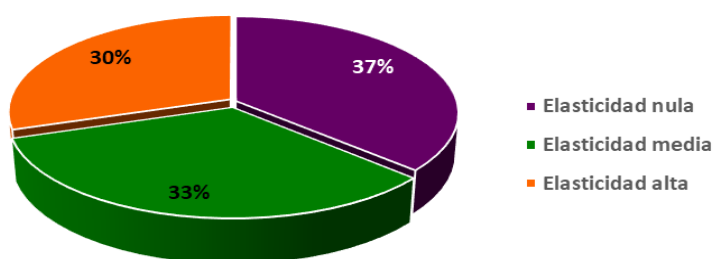


Figura 59. Elasticidad de las muestras en la población total de estudio.

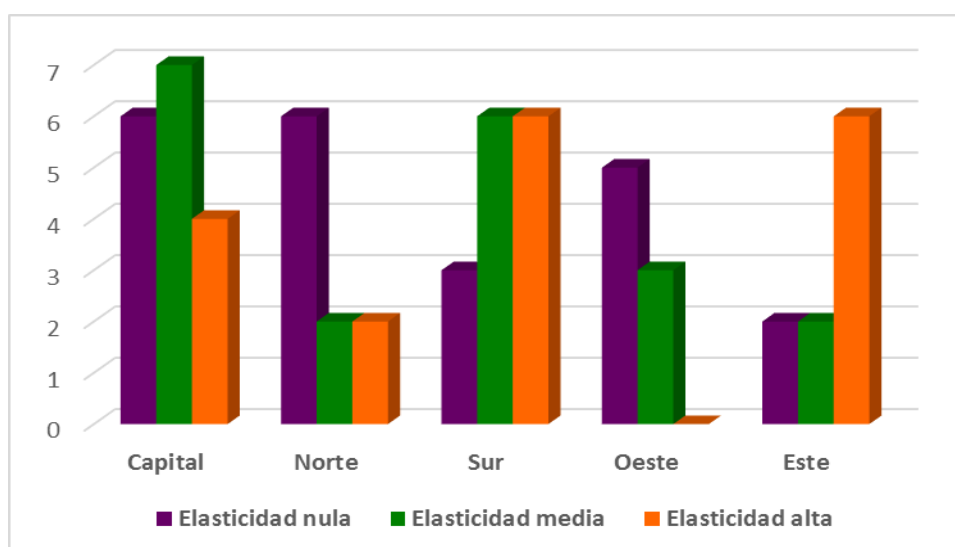


Figura 60. Elasticidad de las muestras según la zona de procedencia.

Con respecto al color, se encontró un 43,3% (n=26) de muestras verde oscuro, un 30% (n=18) verde claro y un 26,7% (n=16) de color amarillo. La textura de las muestras, catalogada como seca y pegajosa, se distribuyó de forma similar, con un 50% en cada categoría. Finalmente, el 55% de las muestras presentaron un olor suave y, fuerte, un 8,3%, en el 28,3% se detectó olor a heces, en el 1,7%, a gasoil y un 6,7% olía a resina de pino (Tabla 4bis y Figs. 61-66).

Tabla 4 bis. Características organolépticas de las muestras de hachís analizadas.

Zona	Color			Textura		Olor				
	VO % (n)	VC % (n)	A % (n)	Seca % (n)	Pegajosa % (n)	Suave % (n)	Fuerte % (n)	Heces % (n)	gasoil % (n)	Resina % (n)
Capital n=17	52,9% (9)	35,3% (6)	11,8% (2)	52,9% (9)	47,1% (8)	70,6% (12)	0	23,5% (4)	0	5,9% (1)
Norte n=10	50% (5)	20% (2)	30% (3)	70% (7)	30% (3)	70% (7)	0	20% (2)	10% (1)	0
Sur n=15	26,7% (4)	40% (6)	33,3% (5)	33,3% (5)	66,7% (10)	33,3% (5)	13,3% (2)	46,7% (7)	0	6,7% (1)
Oeste n=8	62,5% (5)	25% (2)	12,5% (1)	75% (6)	25% (2)	87,5% (7)	0	0	0	12,5% (1)
Este n=10	30% (3)	20% (2)	50% (5)	30% (3)	70% (7)	20% (2)	30% (3)	40% (4)	0	10% (1)
Total: % (n)	43,3% (26)	30% (18)	26,7% (16)	50% (30)	50% (30)	55% (33)	8,3% (5)	28,3% (17)	1,7% (1)	6,7% (4)

VO: verde oscuro; VC: verde claro; A: amarillo.

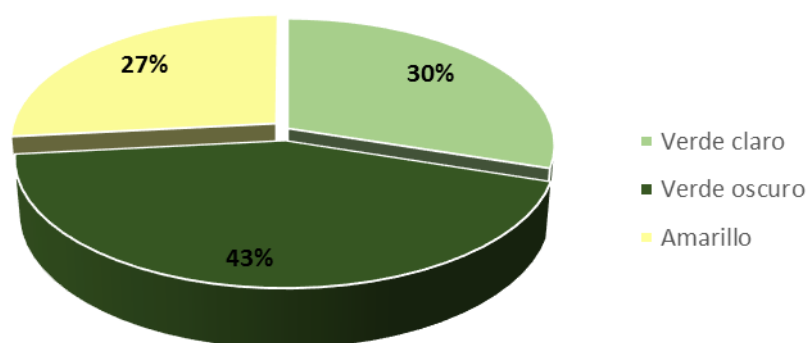


Figura 61. Color de las muestras en la población total de estudio.

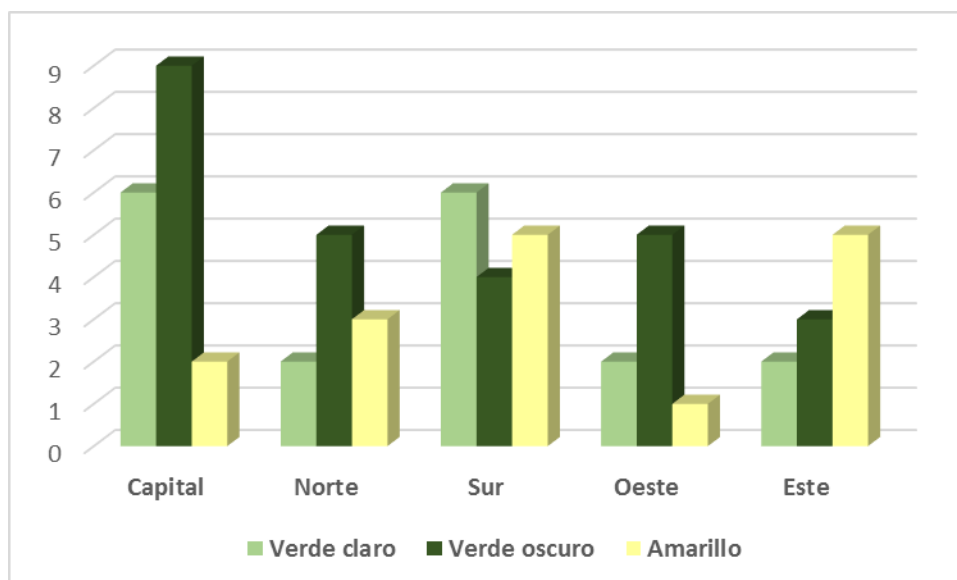


Figura 62. Color de las muestras según la zona de procedencia.

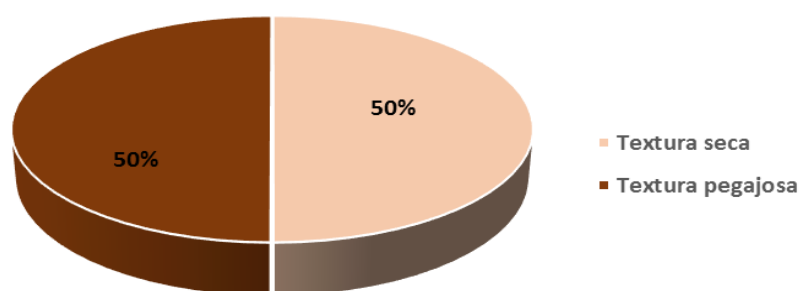


Figura 63. Textura de las muestras en la población total de estudio.

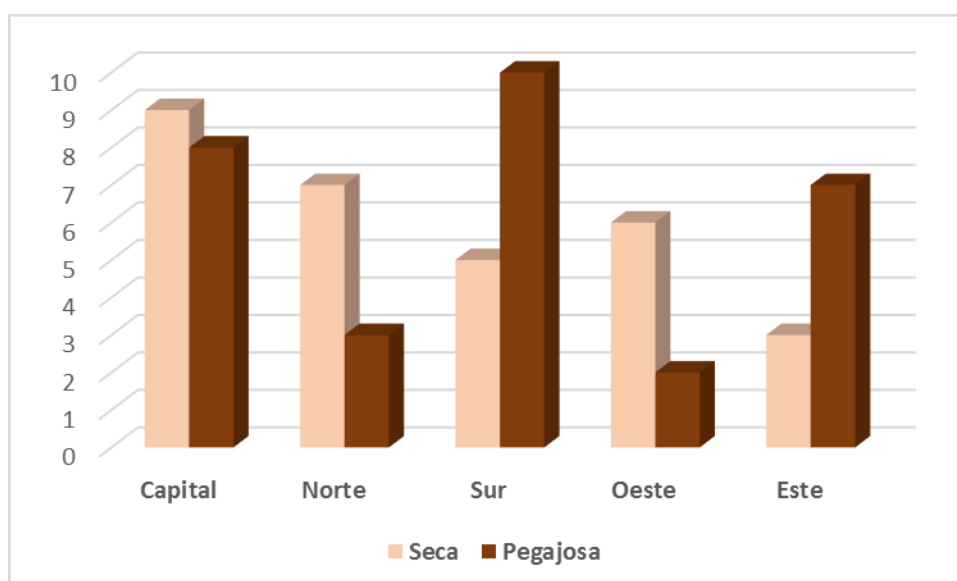


Figura 64. Textura de las muestras según la zona de procedencia.

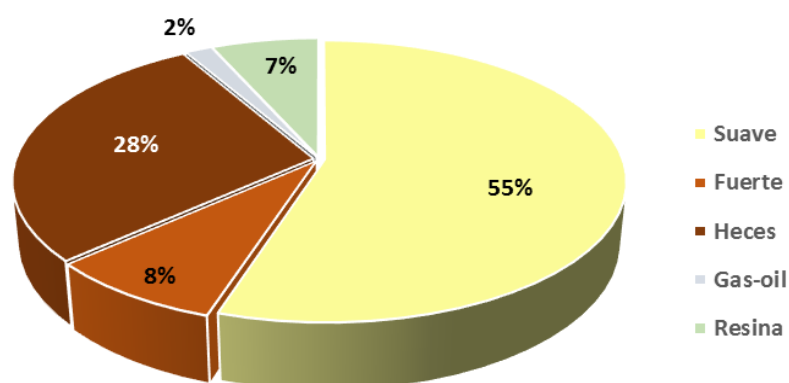


Figura 65. Olor de las muestras en la población total de estudio.

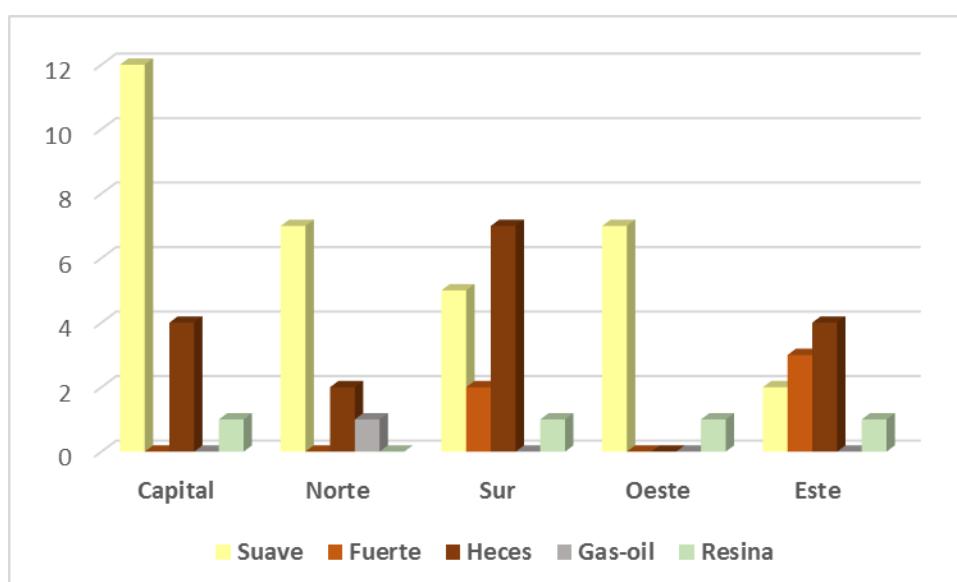


Figura 66. Olor de las muestras según la zona de procedencia.

El análisis comparativo de las características organolépticas indica que la elasticidad está relacionada con la forma, la textura y el color (Tabla 5); de manera que las muestras con forma de bellota presentaron mayor elasticidad que las muestras con forma de lingote ($p < 0.05$, tanto por el Test de Suma de Rangos de Wilcoxon, como por Chi-Cuadrado); las muestras de textura pegajosa fueron más elásticas que aquellas con textura seca ($p < 0.0001$, tanto por el Test de Suma de Rangos de Wilcoxon, como por Chi-Cuadrado); finalmente, las muestras de color amarillo fueron más elásticas que las verde claro ($p < 0.005$, Test de Kruskal-Wallis) y que las verde oscuro ($p < 0.0001$, Test de Kruskal-Wallis).

Tabla 5. Relación entre la elasticidad de las muestras y su forma, textura y color.

Elasticidad (n)	Forma		Textura		Color		
	Bellota % (n)	Lingote % (n)	Seca % (n)	Pegajosa % (n)	VO % (n)	VC % (n)	A % (n)
Nula (22)	30,2% (13)	52,9% (9)	63,3% (19)	10% (3)	57,7% (15)	33,3% (6)	6,2% (1)
Media (20)	30,2% (13)	41,2% (7)	30% (9)	36,7% (11)	26,9% (7)	55,6% (10)	18,7% (3)
Alta (18)	39,5% (17)	5,9% (1)	6,7% (2)	53,3% (16)	15,4% (4)	11,1% (2)	75% (12)
Total (60)	43	17	30	30	26	18	16

Color VO: verde oscuro; Color VC: verde claro; Color A: amarillo.

De otra parte, se encontró una fuerte asociación entre la textura y el color (Tabla 6), de manera que existe una alta probabilidad ($p < 0.01$, Test Chi-Cuadrado) de que una muestra de color amarillo presente una textura pegajosa; por el contrario, no encontramos asociación entre la textura y la forma de las muestras.

Tabla 6. Relación entre la textura de las muestras, su forma y su color.

Textura (n)	Forma		Color		
	Bellota % (n)	Lingote % (n)	VO % (n)	VC % (n)	A % (n)
Seca (30)	48,8% (21)	52,9% (9)	53,8% (14)	72,2% (13)	18,7% (3)
Pegajosa (30)	51,2% (22)	47,1% (8)	46,1% (12)	27,8% (5)	81,2% (13)
Total (60)	43	17	26	18	16

Color VO: verde oscuro; Color VC: verde claro; Color A: amarillo.

La relación entre la forma de las muestras y la presencia de algún olor impropio y característico se muestra en la tabla 7. Como promedio, el 36,7% de las muestras presentaban un olor inusual; además, el olor a heces se registró exclusivamente en las muestras con forma de bellota (39.5%) ($p < 0.005$, Test Exacto de Fisher), mientras que el olor a resina de pino fue más frecuente en los lingotes (11.8% vs. 4.7%).

Tabla 7. Relación entre la forma y el olor de las muestras.

Forma (n)	Olor		
	Heces % (n)	Resina de pino % (n)	Gasol % (n)
Bellota (43)	39.5% (17)	4.7% (2)	0
Lingote (17)	0	11.8% (2)	5.9% (1)
Total (60)	28.3 (17)	6.7% (4)	1.7% (1)

ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXTRAÑOS

Los análisis macroscópico -realizado a simple vista o con el empleo de una lupa de laboratorio- y microscópico para valorar la existencia de elementos extraños ajenos a las muestras de hachís, demostró la presencia de cinta de embalar (8,3%), plástico (3,3%), restos vegetales (13,3%), fibra textil (5%), pelos (13,3%) y, finalmente, arena en el 5% de las muestras analizadas. En definitiva, un total de 24 muestras (40%) contenían elementos extraños y, en cinco de ellas, se encontraron dos elementos a la vez (Tabla 8 y Figs. 67-69). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las distintas zonas.

Tabla 8. Relación de elementos extraños presentes en las muestras de hachís.

Zona	Elementos extraños en las muestras						Nº de muestras con elementos extraños % (n)
	Cinta de embalar % (n)	Plástico % (n)	Restos vegetales % (n)	Fibra textil % (n)	Pelos % (n)	Arena % (n)	
Capital (n=17)	5,9% (1)	0	11,8% (2)	5,9% (1)	5,9% (1)	5,9% (1)	35,3% (6)
Norte (n=10)	30% (3)	0	20% (2)	0	0	0	50% (5)
Sur (n=15)	0	6,7% (1)	6,7% (1)	6,7% (1)	33,3% (5)	6,7% (1)	46,7% (7)
Oeste (n=8)	12,5% (1)	0	25% (2)	12,5% (1)	25% (2)	12,5% (1)	62,5% (5)
Este (n=10)	0	10% (1)	10% (1)	0	0	0	10% (1)
Total: % (n)	8,3% (5)	3,3% (2)	13,3% (8)	5% (3)	13,3% (8)	5% (3)	40% (24)

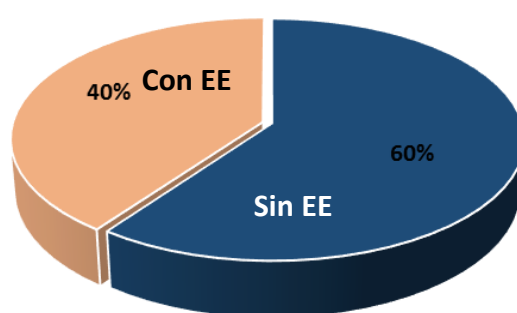


Figura 67. Proporción de muestras con elementos extraños (EE).

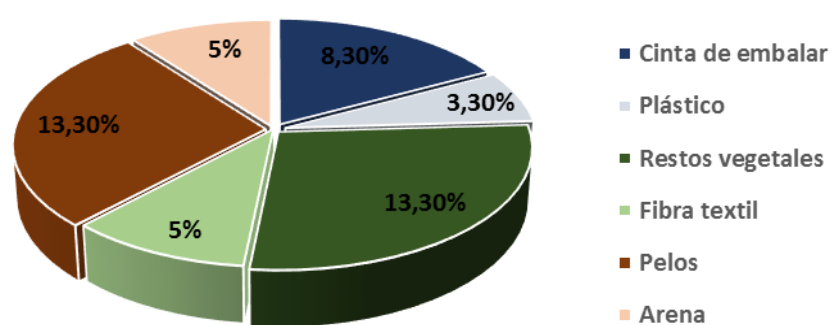


Figura 68. Elementos extraños en las muestras en la población total de estudio.

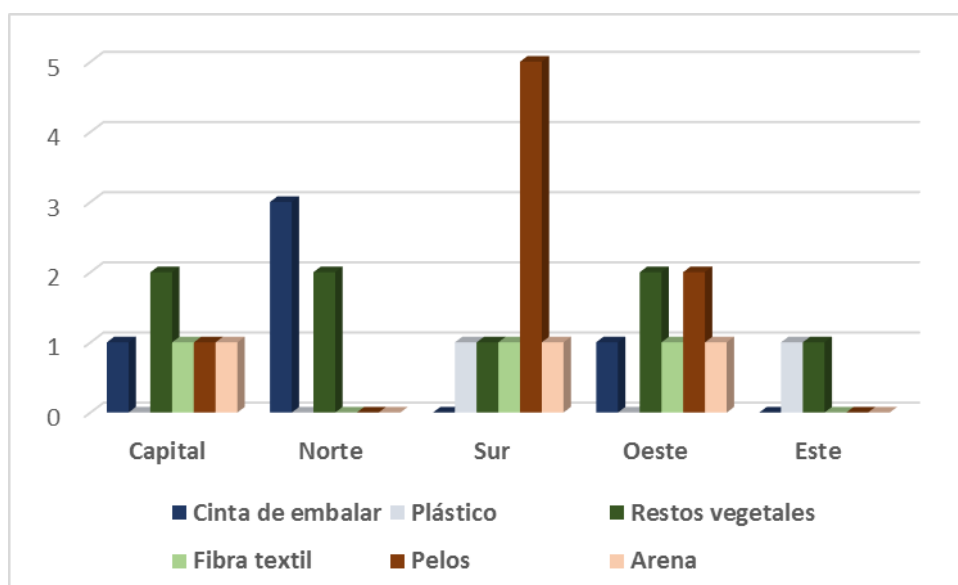


Figura 69. Elementos extraños en las muestras según la zona de procedencia.

Con respecto a la forma de las muestras con elementos extraños, primero cabe mencionar que en las cinco muestras que contenían dos elementos a la vez, éstos estaban distribuidos como sigue: tres bellotas tenían pelos con restos vegetales, o con arena, o con fibra textil; y dos lingotes presentaban plástico con restos vegetales o pelos con cinta de embalar. El porcentaje de muestras con elementos extraños fue significativamente mayor ($p < 0.01$) en los lingotes que en las bellotas (64.7% vs. 30.2%, respectivamente; Tabla 9 y Fig. 70). De igual forma, la presencia de cinta de embalar o restos vegetales fue mucho mayor en los lingotes ($p < 0.05$ y $p < 0.005$, respectivamente; Test exacto de Fisher) (Tabla 9).

Tabla 9. Presencia de elementos extraños según la forma de las muestras.

Forma	Elementos extraños en las muestras						Nº de muestras con elementos extraños % (n)
	Cinta de embalar % (n)	Plástico % (n)	Restos vegetales % (n)	Fibra textil % (n)	Pelos % (n)	Arena % (n)	
Bellota (n=43)	2.3% (1)	2.3% (1)	4.6% (2)	7% (3)	16.3% (7)	4.6% (2)	30.2% (13)
Lingote (n=17)	23.5 (4)	5.9% (1)	35.3% (6)	0	5.9 (1)	5.9% (1)	64.7% (11)
Total: % (n)	8.3 (5)	3.3% (2)	13.3% (8)	5% (3)	13.3% (8)	5% (3)	40% (24)

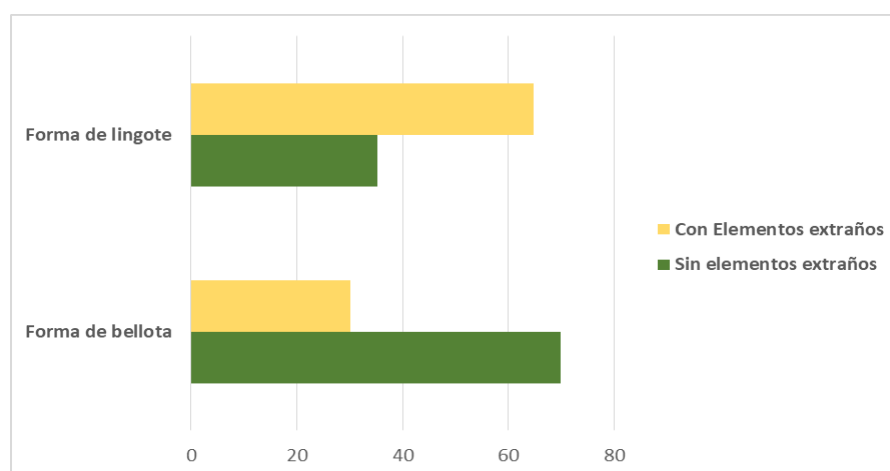


Figura 70. Porcentaje de muestras con elementos extraños según la forma.

ADULTERACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se ha investigado la presencia de los siguientes adulterantes: polvo de vidrio, polvo de talco, glucosa, sacarosa, ovoalbúmina, cocaína y derivados opiáceos, anfetaminas, ácido abiético (resina de pino) y henna. El porcentaje total de muestras adulteradas fue del 18,3% (n=11) y ninguna muestra presentó diferentes adulterantes de manera simultánea. La adulteración fue más frecuente entre los lingotes (66,7%) que en las bellotas (33,3%).

La presencia de polvo de vidrio y polvo de talco, determinada por la observación minuciosa de la muestra pulverizada bajo el microscopio, fue negativa en todos los casos.

Determinación de Glúcidos

Estos análisis, realizados para determinar la presencia o ausencia de glúcidos y, por tanto, la adulteración intencionada con estas sustancias, revelaron glucosa en 4 muestras (6,7%) y sacarosa en 3 muestras (5%), con un porcentaje de adulteración por glúcidos del 11,7% en el total de las muestras analizadas (Tabla 10 y Figs. 71 y 72).

Tabla 10. Adulteración por glúcidos.

Zona de la CAM	Glucosa % (n)	Sacarosa n
Capital (n=17)	11,8% (2)	11,8% (2)
Norte (n=10)	0	10,0% (1)
Sur (n=15)	6,7% (1)	0
Oeste (n=8)	12,5% (1)	0
Este (n=10)	0	0
Total: % (n)	6,7% (4)	5% (3)

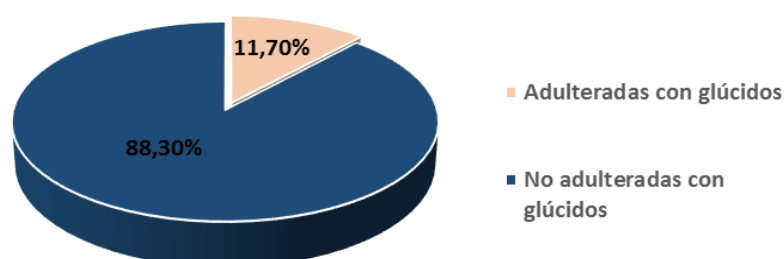


Figura 71. Porcentaje de muestras adulteradas con glúcidos en la población total de estudio.

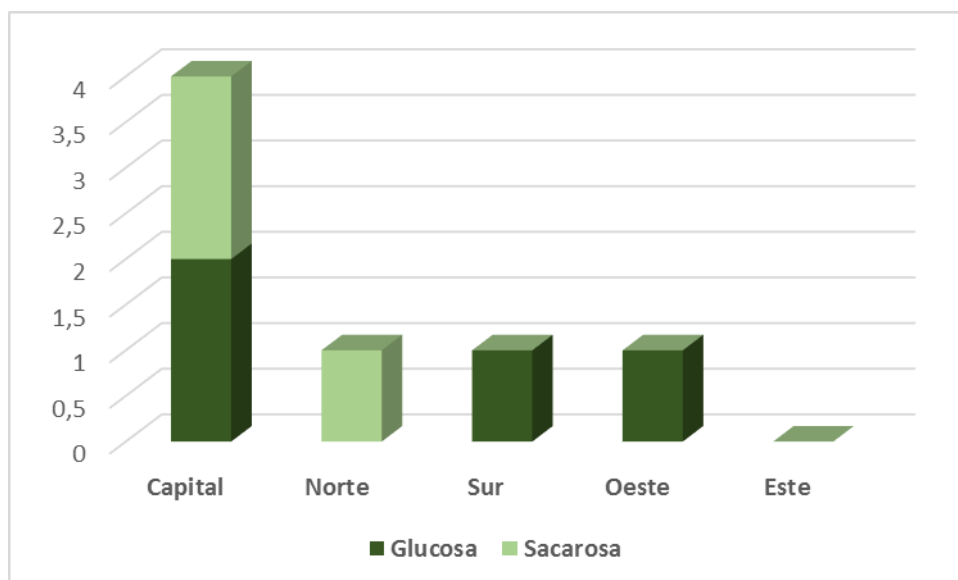


Figura 72. Número de muestras adulteradas por glúcidos según la zona de procedencia.

Determinación de Derivados Opiáceos y Cocaína

Los resultados de los análisis químicos, mediante reacciones químicas coloreadas, para demostrar la presencia de drogas de abuso derivadas del opio, como morfina, heroína o codeína, además de cocaína que, aunque no es un derivado del opio reacciona con el tiocianato de cobalto, dando, en caso positivo, un color azul celeste, han sido negativos en las 60 muestras analizadas, es decir, tanto la prueba del tiocianato de cobalto, como las pruebas con ácido nítrico han resultado negativas. Para mayor fiabilidad de los resultados, los análisis se realizaron por triplicado, obteniéndose idénticos resultados.

Determinación de Anfetaminas y Éxtasis

Los resultados de los análisis químicos con reactivo de Marqués, para demostrar la presencia de anfetaminas o derivados de éstas, como el éxtasis, han sido negativos en las 60 muestras analizadas. Para mayor fiabilidad de los resultados, estos análisis también se realizaron por triplicado, obteniéndose idénticos resultados.

Determinación de Ovoalbúmina

Los resultados de los análisis químicos con verde de bromocresol, para demostrar la presencia de ovoalbúmina (clara de huevo), han sido negativos en las 60 muestras analizadas. Así mismo, en esta prueba y para mayor fiabilidad de los resultados, también se realizaron los análisis por triplicado, obteniéndose idénticos resultados.

Determinación de Henna y Resina de Pino

La presencia de henna o de resina de pino en las muestras de hachís se ha analizado mediante cromatografía en capa fina. Estos dos adulterantes son los empleados con más frecuencia, bien para el engorde de la muestra, o bien para aumentar su elasticidad y dar un aspecto de mejor calidad.

La determinación de lawsone para detectar henna, realizada por triplicado, ha dado negativo en las 60 muestras analizadas.

Los resultados de la determinación de ácido abiético, para identificar la presencia de resina de pino, mostraron adulteración con esta sustancia en 4 muestras (6,7%), distribuidas una en cada zona, excepto en la zona Norte, en la que ninguna muestra dio positivo (Figs. 73 y 74). Estos datos concuerdan y son coincidentes con las muestras que dieron positivo en olor a resina de pino (Tabla 5).

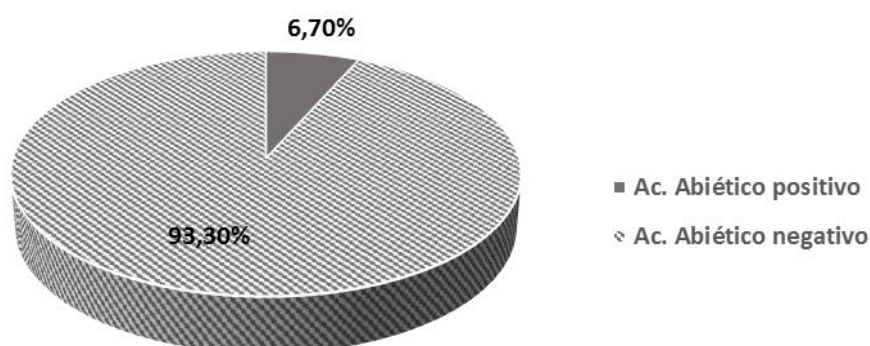


Figura 73. Porcentaje de muestras adulteradas con ácido abiético (resina de pino) en la población total de estudio.

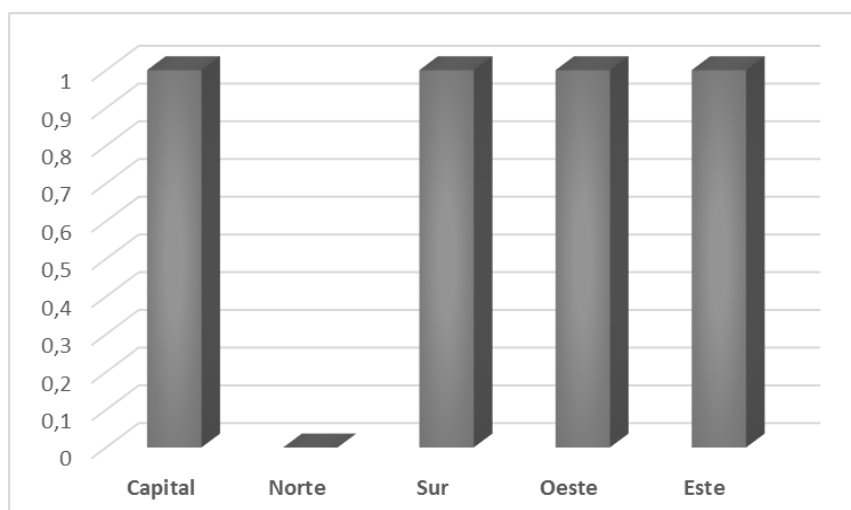


Figura 74. Adulteración por ácido abiético según la zona de procedencia de la muestra.

VALORACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA

Determinación de Escherichia Coli

Los ensayos para determinar la presencia de *E. coli*, así como la carga de esta bacteria, se realizaron por triplicado para una mayor fiabilidad de la prueba. Para cada muestra, se utilizó el valor medio de unidades formadoras de colonia (UFC) de las tres pruebas. Cabe destacar que todas las muestras con crecimiento negativo en la primera prueba, lo siguieron siendo en las dos pruebas sucesivas. La tabla 11 recoge la contaminación por *E. coli* total y por zona, llegando al 75% en el conjunto total de muestras (Figs. 75-77).

Tabla 11. Unidades formadoras de colonia (UFC) de *E. coli* en las muestras de hachís.

Zona	<i>E. coli</i> (UFC/g)			Muestras positivas % (n)
	$\bar{X} \pm DE$	Mínimo	Máximo	
Capital (n=17)	$4,5 \times 10^5 \pm 3,0 \times 10^5$	66000	970000	76,5% (13)
Norte (n=10)	$4,4 \times 10^5 \pm 4,4 \times 10^5$	80000	1126000	60% (6)
Sur (n=15)	$5,3 \times 10^5 \pm 3,0 \times 10^5$	87000	1030000	86,7% (13)
Oeste (n=8)	$2,0 \times 10^5 \pm 2,3 \times 10^5$	36000	536000	50% (4)
Este (n=10)	$5,7 \times 10^5 \pm 2,4 \times 10^5$	233000	900000	90% (9)
Total	$4,8 \times 10^5 \pm 3,1 \times 10^5$	36000	1126000	45 (75%)

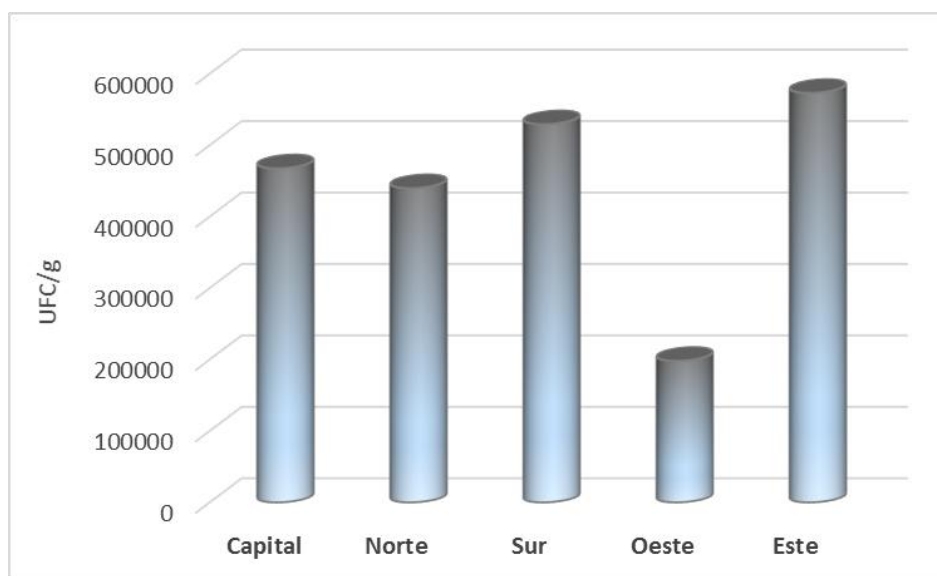


Figura 75. Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de *E. coli* según la zona de adquisición de la muestra.

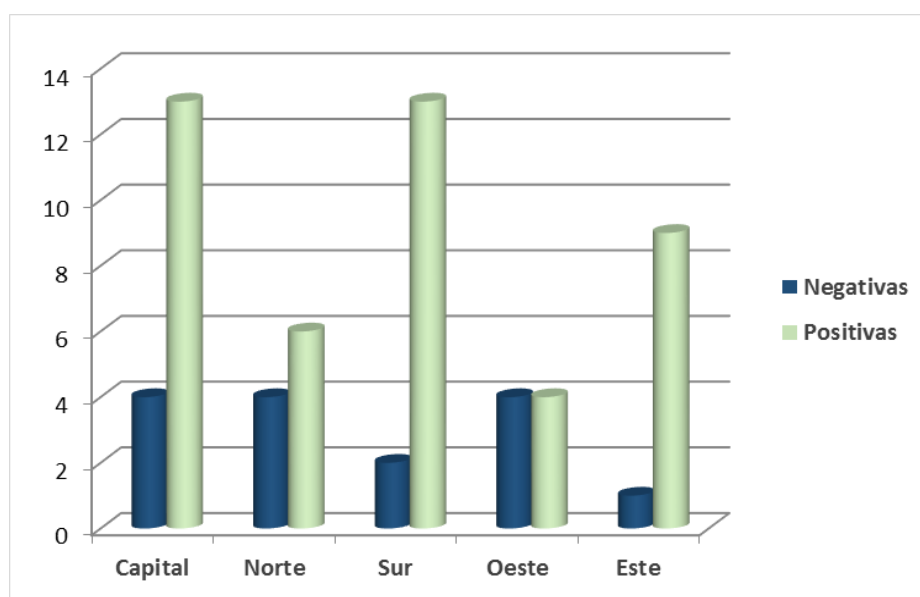


Figura 76. Número de muestras contaminadas con *E. coli* según la zona de procedencia.

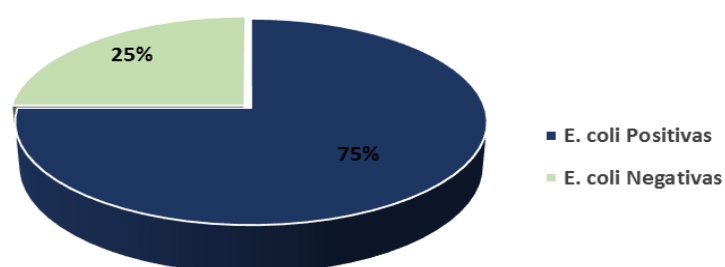


Figura 77. Porcentaje de muestras contaminadas con *E. coli* en la población total de estudio.

El análisis comparativo de la contaminación por *E. coli* entre las distintas zonas de procedencia de las muestras no rindió diferencias estadísticamente significativas, ni tampoco cuando se comparó entre las dos épocas del año de adquisición. De otra parte, quisimos analizar si existía alguna relación entre la presencia de contaminación por *E.coli* y la forma y el olor de las muestras (Tabla 12). En este sentido, se encontró un porcentaje mayor de muestras contaminadas cuando la forma era de bellota que cuando era de lingote ($p<0.0001$, Test exacto de Fisher). Con respecto al olor, se observó una fuerte asociación entre el olor a heces de las muestras y la contaminación por *E. coli* ($p<0.0001$, Test exacto de Fisher), de manera que todas las muestras con olor a heces estaban contaminadas; sin embargo, también cabe destacar que un 62,2% de las muestras contaminadas no olían a heces ($p<0.01$) (Tabla 12).

Tabla 12. Relación entre la contaminación por *E. coli* y la forma y el olor a heces de las muestras.

E. coli (n)	Forma		Olor a Heces	
	Bellota % (n)	Lingote % (n)	No % (n)	Sí % (n)
No (15)	20% (3)	80% (12)	100% (15)	0
Sí (45)	88,9% (40)	11,1% (5)	62,2% (28)	37,8% (17)

Resultados de los Análisis Complementarios

El análisis microbiológico de las 30 muestras adicionales, realizado para comprobar si la contaminación por *E. coli* se restringía a la zona superficial de la muestra o, si por el contrario, se extendía por toda la muestra, reveló un crecimiento nulo en el 100% de las placas tras eliminar la parte superficial de forma completa. Sin embargo, cuando se cultivó cada muestra conteniendo ambas porciones, se observó contaminación por *E. coli* en el 80% ($n=24$) de las muestras con un valor medio de $4,4 \times 10^5 \pm 2,3 \times 10^5$ UFC/g (max: $9,3 \times 10^5$ UFC y min: $5,8 \times 10^4$ UFC).

Determinación de Hongos del Género Aspergillus

El 10% del conjunto total de muestras presentó contaminación con el hongo *Aspergillus*. De ellas, el 50% pertenecía a muestras adquiridas en la zona Sur, el 33,3%, a muestras de la zona Oeste y, el 16,7%, a la Capital. Con respecto a la forma de las muestras contaminadas, el 66,7% tenía forma de bellota y el 33,3%, de lingote. Además, el 50% (n=3) de las muestras contaminadas con *Aspergillus* también lo estaban con *E. coli* y todas ellas tenían forma de bellota. El promedio de la carga fúngica de las seis muestras contaminadas fue de $3,8 \times 10^3$ UFC/g, con un valor mínimo de 2000 UFC/g y, máximo, de 6000 UFC/g (Tabla 13 y Figs. 78-81). Las figuras 82 a 86 muestran el aspecto de este hongo en las placas y al microscopio.

El análisis comparativo de la contaminación por *Aspergillus* no mostró diferencias estadísticamente significativas en las distintas zonas de procedencia, ni tampoco según la época del año de adquisición de la muestra.

Además de hongos del género *Aspergillus*, en el cultivo de las muestras aparecieron hongos del género *Penicillium*, *Mucor* y *Scedosporium*. Éstos no se analizaron por no ser objeto de este estudio.

Tabla 13. Contaminación por el hongo *Aspergillus* en las muestras de hachís.

Zona de la CAM	Muestras con <i>Aspergillus</i>			
	% (n)	UFC/g		
		$\bar{X} \pm DE$	Mínimo	Máximo
Capital (n=17)	5,9% (1)	6×10^3	6000	6000
Norte (n=10)	0	0	0	0
Sur (n=15)	20% (3)	$4 \times 10^3 \pm 1,7 \times 10^3$	3000	6000
Oeste (n=8)	25% (2)	$2,5 \times 10^3 \pm 0,7 \times 10^3$	2000	3000
Este (n=10)	0	0	0	0
Total: % (60)	10% (6)	$3,8 \times 10^3 \pm 1,7 \times 10^3$	2000	6000

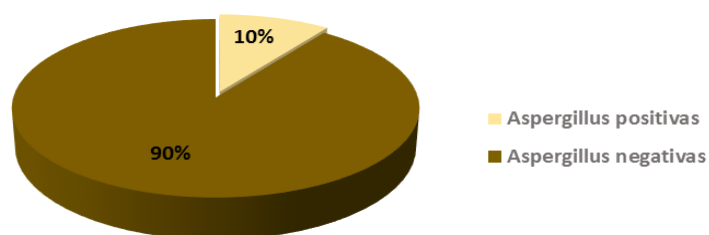


Figura 78. Porcentaje de muestras contaminadas con *Aspergillus* en la población total de estudio.

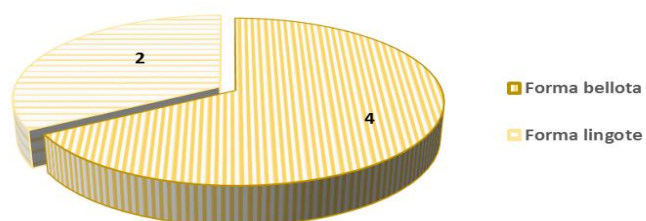


Figura 79. Forma de las muestras contaminadas con *Aspergillus* en la población total de estudio.

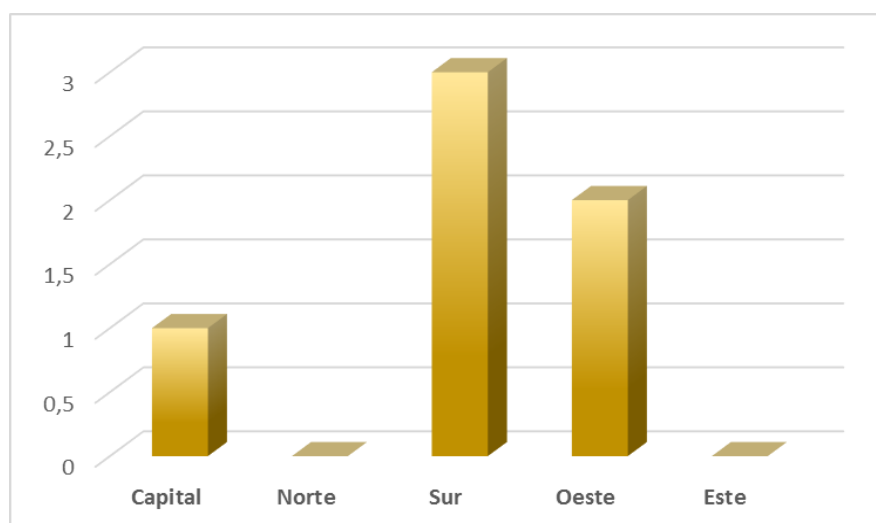


Figura 80. Número de muestras contaminadas con *Aspergillus* según la zona de procedencia.

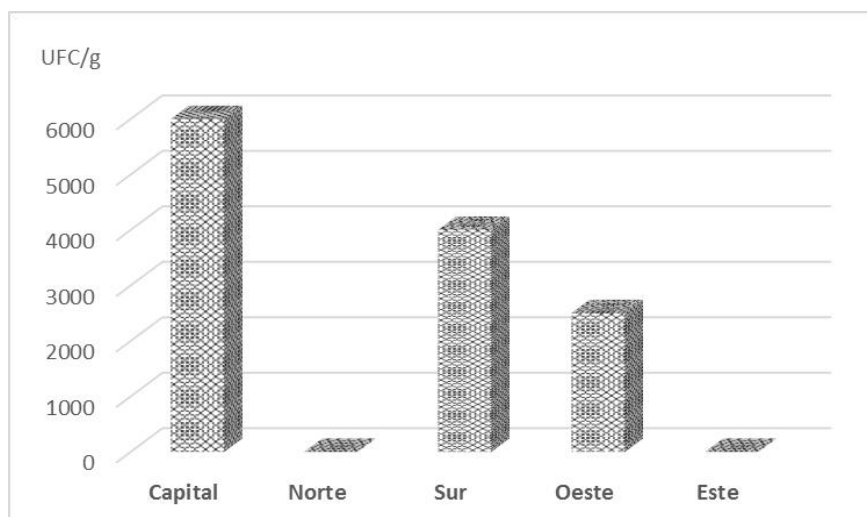


Figura 81. Unidades formadoras de colonia (UFC/g) de *Aspergillus* según la zona de procedencia.

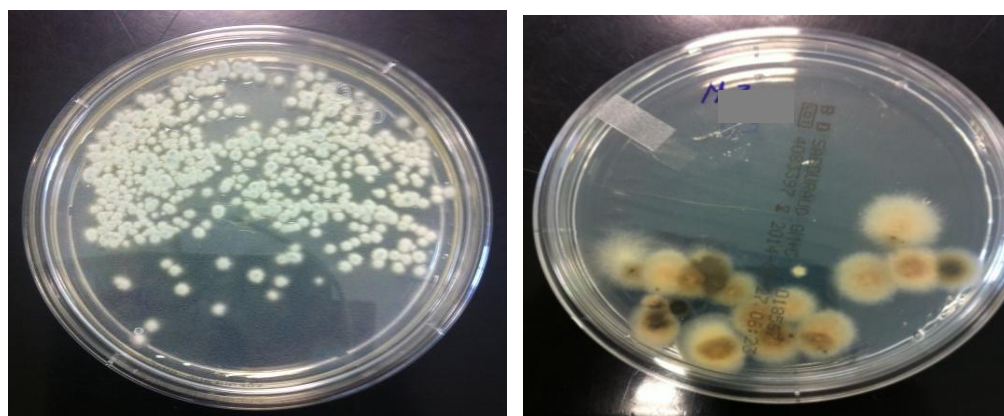


Figura 82. Placas con crecimiento fúngico.



Figura 83. Aspecto de las colonias de *Aspergillus*.

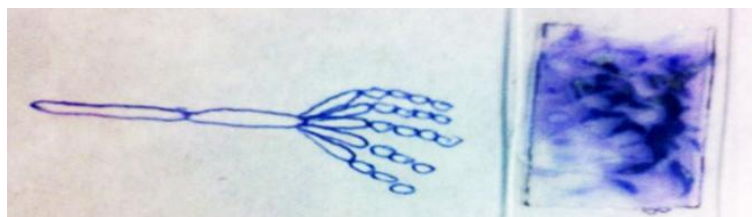


Figura 84. Preparación lista para observación al microscopio.

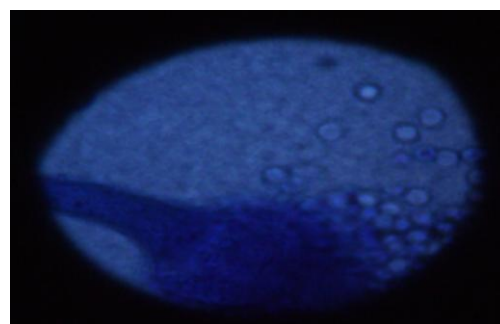
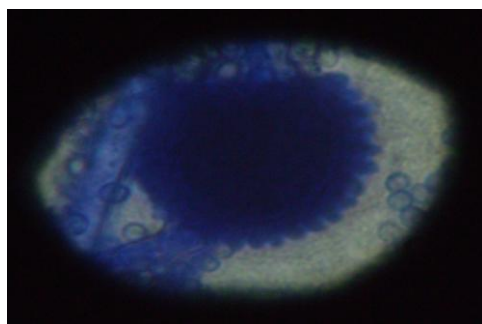


Figura 85. Detalle de *Aspergillus* (x400). **Figura 86.** Detalle de conidio de *Aspergillus* (x400).

Al considerar el conjunto de muestras contaminadas (*E. coli* y/o *Aspergillus*) se observó una mayor contaminación en las bellotas (95,3%) que en los lingotes (41,2%) ($p < 0.0001$; Test exacto de Fisher).

De otra parte, se analizó la posible relación entre la composición de la muestra, es decir, presencia o no de elementos extraños, adulterantes y contaminación microbiológica, y la época del año de adquisición: época fría y húmeda (de octubre a abril) y época seca y calurosa (de mayo a septiembre). Los resultados indican que la contaminación microbiológica y los elementos extraños no se encuentran asociados con la época del año; sin embargo, la adulteración en la época cálida (32%) es mayor que la de la época fría (8,6%) ($p < 0.05$; tabla 14).

Tabla 14. Relación entre la composición de las muestras y la época del año de adquisición.

Composición	Época del Año	
	Fría y húmeda (n=35)	Seca y calurosa (n=25)
Elementos extraños	45,7% (16)	32% (8)
Adulterantes	8,6% (3)	32% (8)
Contaminación microbiológica	82,9% (29)	76% (19)

MUESTRAS NO APATAS PARA EL CONSUMO HUMANO

Con los resultados de los análisis descritos hasta aquí referentes a elementos extraños, adulteración y contaminación de las muestras, y atendiendo a los criterios para considerar una muestra no apta para el consumo humano (ver Material y Método) se evidenció que el 88,3% de las muestras (n=53) no eran aptas para el consumo (Tablas 15 y 16 y Fig. 87). Además, se relacionó la forma de las muestras con el hecho de ser aptas o no; en este sentido encontramos que el 100% (n=43) de las muestras con forma de bellota no eran aptas para el consumo, mientras que en las muestras con forma de lingote, este porcentaje fue del 58,8% (n=10). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.0001$, Test Exacto de Fisher) (Tabla 15). De otra parte, la relación de muestras no aptas en las distintas zonas mostró que en las zonas Sur y Este de Madrid el 100% de las muestras fueron no aptas (Fig. 88); sin embargo, el análisis comparativo no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las distintas zonas.

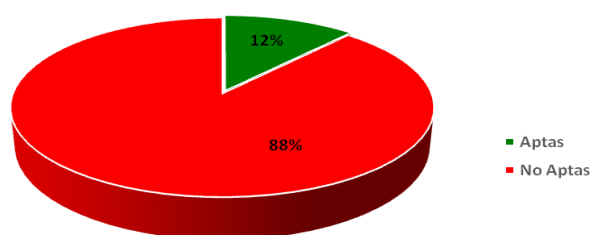
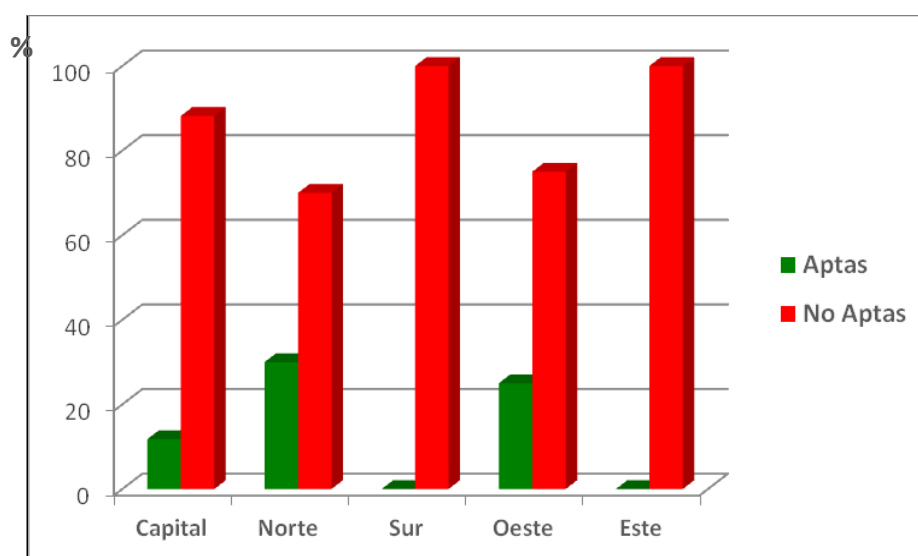
Tabla 15. Distribución de las muestras No Aptas para el consumo en función de la forma y del agente causante.

Forma	Muestras No Aptas para el Consumo					Total % (n)
	Contaminación Microbiológica			Otras Causas		
	Sólo <i>E. coli</i> n	<i>E.coli</i> + <u>Asp.</u> n	Sólo <i>Asp.</i> n	Resina de Pino n	Gasoil n	
Bellota (n=43)	37	3	1	2	0	43 (100%)
Lingote (n=17)	5	0	2	2	1	10 (58,8%)
Subtotal (n)	42	3	3	4	1	53 (88,3%)
Total (n)	48			5		

Asp.: *Aspergillus*

Tabla 16. Muestras No Aptas para el consumo según forma y zona de procedencia.

Zona de la CAM	Muestras No Aptas		
	Forma		Total % (n) (n=60)
	Bellota % (n) (n=43)	Lingote % (n) (n=17)	
Capital (n=17)	76,5 (13)	11,8 (2)	88,2% (15)
Norte (n=10)	40% (4)	30% (3)	70% (7)
Sur (n=15)	100% (15)	(0)	100% (15)
Oeste (n=8)	37,5% (3)	37,5% (3)	75% (6)
Este (n=10)	80% (8)	20% (2)	100% (10)
Total: % (60)	100% (43)	58,8% (10)	88,3% (53)

**Figura 87.** Relación de muestras Aptas y No Aptas para el consumo en la población total de estudio.**Figura 88.** Relación de muestras Aptas y No Aptas para el consumo según su lugar de procedencia.

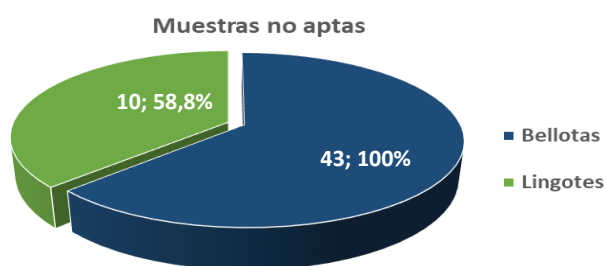


Figura 89. Relación de muestras No Aptas para el consumo en función de la forma.

DETERMINACIÓN DE PRINCIPIOS PSICOACTIVOS

Mediante la cromatografía líquida de alta presión (HPLC), se determinó la concentración (expresada en porcentaje) de los principales principios psicoactivos, THC, CBD y CBN, de las 60 muestras de hachís. Las concentraciones de THC y CBD, se refieren tanto a sus formas ácidas, como neutras. En todas las muestras analizadas, siempre la concentración de THC fue la mayor, representando el 21,3% de la muestra, y la de CBN, la menor, con el 1,74% en la población total de estudio (Tabla 17; Figs. 90-91).

Tabla 17. Concentración, expresada en porcentaje, de los principales principios psicoactivos de las muestras de hachís analizadas.

Zona de la CAM	THC [%]		CBD [%]		CBN [%]	
	$\bar{X} \pm DE$	Min - Max	$\bar{X} \pm DE$	Min - Max	$\bar{X} \pm DE$	Min - Max
Capital (n=17)	19,1 \pm 6,8	11,0 – 32,0	5,0 \pm 1,4	2,3 – 8,0	2,21 \pm 1,05	0,50 – 4,30
Norte (n=10)	20,2 \pm 7,1	8,0 – 31,0	4,5 \pm 1,1	3,0 – 6,0	1,91 \pm 0,95	0,40 – 3,50
Sur (n=15)	24,9 \pm 5,1	12,0 – 33,0	5,8 \pm 1,7	3,0 – 8,8	1,05 \pm 1,20	0,20 – 3,80
Oeste (n=8)	12,7 \pm 5,5	6,6 – 23,0	3,5 \pm 1,3	1,7 – 5,0	2,71 \pm 1,38	0,70 – 4,50
Este (n=10)	27,5 \pm 3,6	20,0 – 33,0	5,6 \pm 1,2	3,0 – 7,1	1,03 \pm 1,00	0,30 – 3,20
Total (n=60)	21,3 \pm 7,3	6,6 – 33,0	5,0 \pm 1,5	1,7 – 8,8	1,74 \pm 1,24	0,20 – 4,50

THC: delta⁹ tetrahidrocannabinol; CBD: cannabidiol; CBN: cannabinol.

Las muestras de la zona Este de la CAM presentaron la mayor concentración de THC ($27,5 \pm 3,6$), con diferencias estadísticamente significativas con respecto a Madrid Capital ($p < 0.005$) y zona Oeste ($p < 0.00005$). La concentración de THC también fue superior en las muestras de la zona Sur que en las de la zona Oeste ($p < 0.0005$) (Test No Paramétrico de Comparaciones Múltiples).

La concentración de CBD también fue mayor en las zonas Sur ($5,8 \pm 1,7$) y Este ($5,6 \pm 1,2$) de la CAM, mostrando ambas diferencias estadísticamente significativas con respecto a la zona Oeste ($p < 0.005$).

Por otra parte, mediante el Coeficiente de Correlación de Spearman, se evidenció una correlación positiva ($r = 0,65$) entre las concentraciones de THC y CBD ($p < 0.0001$), y una correlación negativa ($r = -0,79$) entre THC y CBN ($p < 0.0001$). Así mismo, se encontró una correlación negativa ($r = -0,66$) entre CBD y CBN ($p < 0.0001$).

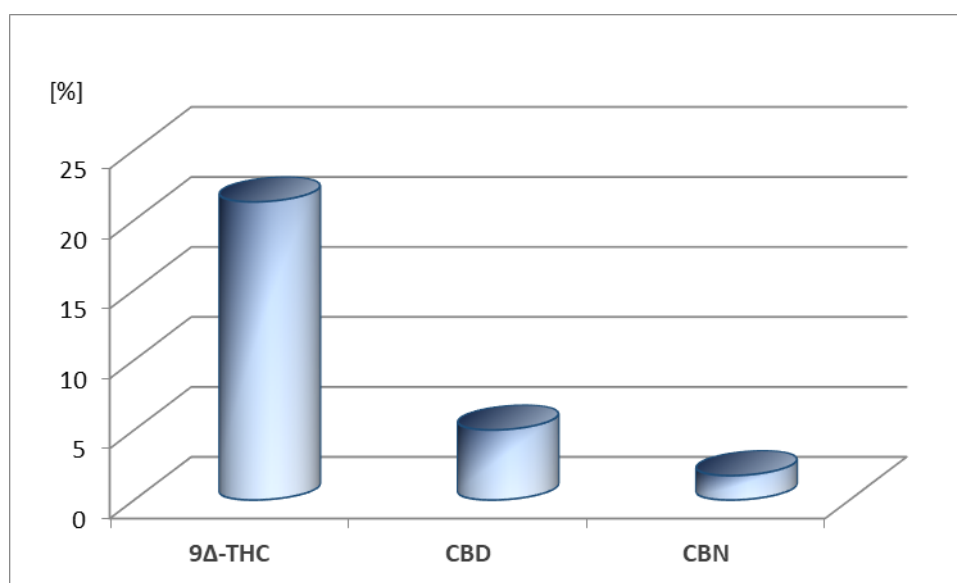


Figura 90. Concentración media (%) de principios psicoactivos en la población total de estudio.

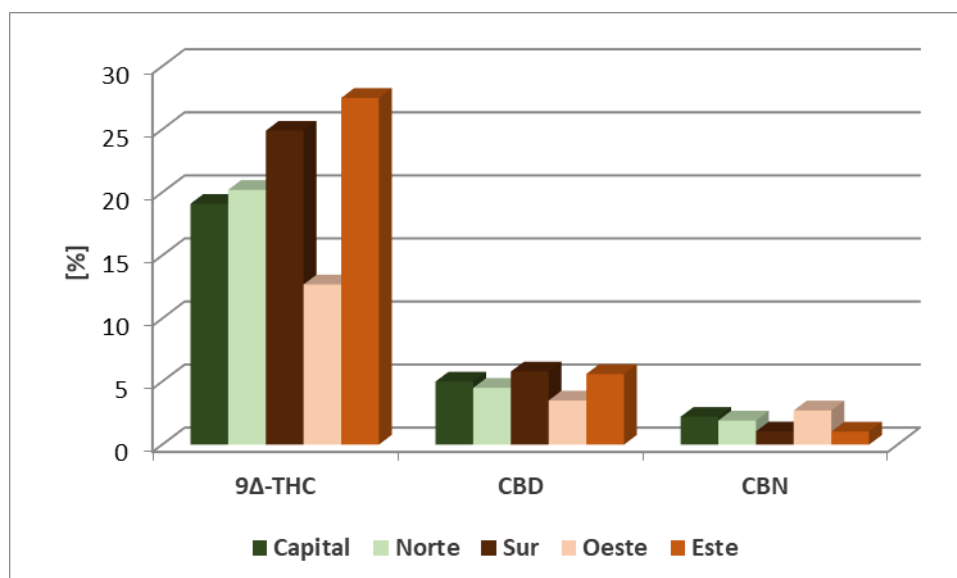


Figura 91. Relación de las concentraciones medias (%) de principios psicoactivos en función de la zona de procedencia de la muestra.

El análisis comparativo de la concentración de THC entre las muestras con diferentes características organolépticas mostró lo siguiente (Tabla 18 y Fig. 92):

- la concentración de THC fue mayor en las muestras con forma de bellota que en las muestras con forma de lingote ($p < 0.0001$, Test de Kruskal-Wallis);
- la concentración de THC fue mayor en las muestras con textura pegajosa que en las de textura seca ($p < 0.05$, Test de Suma de Rangos de Wilcoxon);
- la concentración de THC fue mayor en las muestras con elasticidad alta que en las de elasticidad nula ($p < 0.0001$, Test Exacto de Fisher), existiendo una correlación positiva ($r = 0.57$) entre la elasticidad y la concentración de THC ($p < 0.0001$);
- la concentración de THC fue mayor en las muestras amarillas ($27,0 \pm 3,9$) con respecto a las verde claro ($20,9 \pm 6,5$) y las verde oscuro ($18,0 \pm 7,5$) ($p < 0.01$ y $p < 0.0005$, respectivamente; Test No Paramétrico de Comparaciones Múltiples);
- la concentración de THC fue mayor en las muestras con olor a heces que en las muestras sin este olor ($p < 0.0001$, Test de Suma de Rangos de Wilcoxon).

Tabla 18. Comparación de la concentración de Δ^9 -tetrahidrocannabinol (THC) entre las muestras con diferentes características organolépticas.

Variable	Categoría (n)	Concentración (%) de THC			
		$\bar{X} \pm DE$	Mínimo	Máximo	p
Forma	Bellota (43)	23,8 \pm 6,2	10,2	33	<0.0001
	Lingote (17)	14,9 \pm 5,8	6,6	28	
Textura	Pegajosa (30)	23,1 \pm 8,0	9,5	33	<0.05
	Seca (30)	19,5 \pm 6,1	6,6	30	
Elasticidad	Nula (22)	18,1 \pm 6,2	6,6	31	<0.0001 ^a
	Media (20)	18,6 \pm 6,2	9,5	28,4	
	Alta (18)	28,1 \pm 4,8	11	33	
Color	Verde Oscuro (26)	18,0 \pm 7,5	6,6	32	<0.0005 ^b <0.01 ^c
	Verde Claro (18)	20,9 \pm 6,5	10,2	33	
	Amarillo (16)	27,0 \pm 3,9	19	33	
Olor Heces	No (43)	18,4 \pm 6,4	6,6	31	<0.0001
	Sí (17)	28,6 \pm 2,9	22,8	33	

^a: elasticidad alta frente a media y nula; ^b: color verde oscuro frente al amarillo; ^c: color verde claro frente al amarillo.

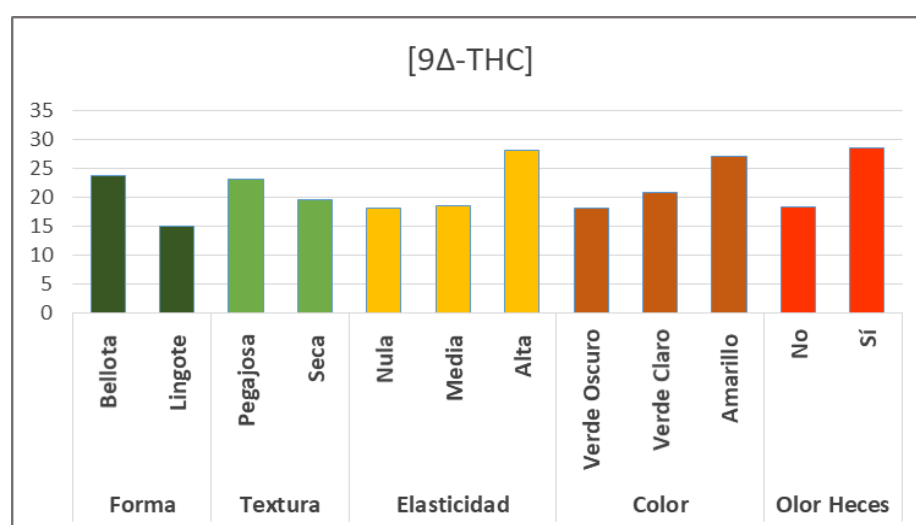


Figura 92. Concentración de THC en función de las características organolépticas.

El Test de Suma de Rangos de Wilcoxon no pudo establecer ninguna asociación entre las concentraciones de THC y de CBD en función de la época del año de adquisición; sin embargo, si mostró una mayor concentración de CBN en las muestras adquiridas en la época calurosa y seca ($2,13 \pm 1,24$) que en las compradas en la época fría y húmeda ($1,46 \pm 1,17$) ($p < 0.05$).

De otra parte, también se encontró una estrecha asociación entre la concentración de CBN y el color de las muestras: las muestras verde oscuro contenían mayor concentración de CBN (2,42%) que las verde claro (1,53%) y que las amarillas (0,86%) ($p < 0.05$ y $p < 0.0001$, respectivamente; Test no paramétrico de comparaciones múltiples).

El análisis de la concentración de THC en relación con la presencia de adulterantes reveló una mayor concentración de THC (23%) en las muestras no adulteradas que en las adulteradas con glucosa o sacarosa o resina de pino (13,5%) ($p < 0.0005$; Test de Suma de Rangos de Wilcoxon). Así mismo, la concentración de CBN también mostró diferencias estadísticamente significativas con respecto a la presencia de adulterantes, siendo menor en las muestras no adulteradas (1,43%) que en las adulteradas (3,1%) ($p < 0.0005$; Test de Suma de Rangos de Wilcoxon).

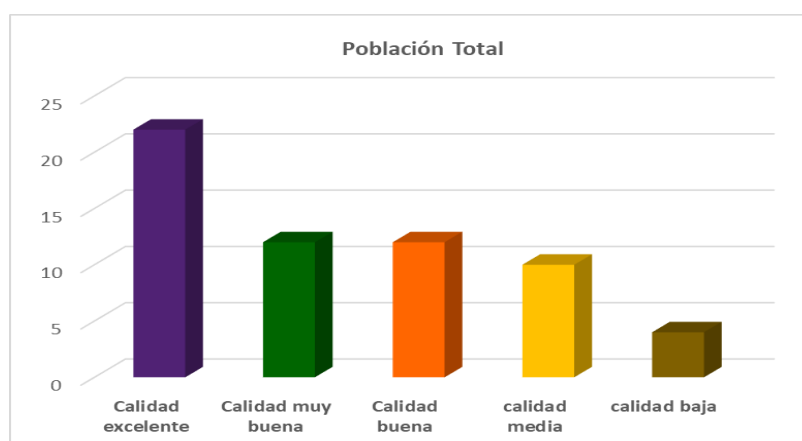
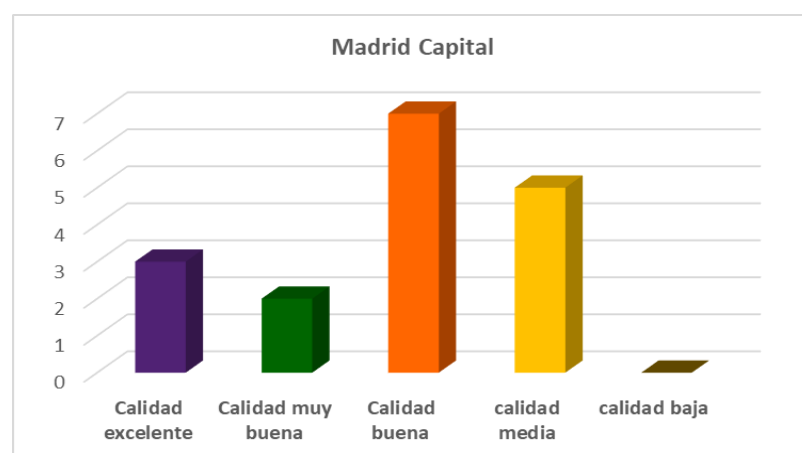
Calidad de las Muestras

El análisis de calidad en la población total de estudio mostró que el 36,7% de las muestras tenían una calidad excelente ($[THC] > 25\%$); el 20,0%, calidad muy buena ($20\% < [THC] \leq 25\%$); el 20,0%, calidad buena ($15\% < [THC] \leq 20\%$); el 16,7%, calidad media ($10\% < [THC] \leq 15\%$) y, el 6,7%, calidad baja ($[THC] \leq 10\%$) (Tabla 19 y Figs. 93-98).

Con respecto a la comparativa entre zonas, el Test No Paramétrico de Comparaciones Múltiples mostró diferencias estadísticamente significativas en la calidad de la muestra entre la zona Este y las zonas Madrid Capital y Oeste ($p < 0.005$ y $p < 0.00005$, respectivamente), así como entre la zonas Sur y Oeste de la CAM ($p < 0.0005$) (Tabla 19 y Figs. 93-98).

Tabla 19. Calidad de las muestras de Hachís en función de la concentración de THC.

Zona de la CAM	Calidad				
	Excelente % (n)	muy buena % (n)	Buena % (n)	Media % (n)	Baja % (n)
Capital (n=17)	17,6% (3)	11,8% (2)	41,2% (7)	29,4% (5)	0
Norte (n=10)	20,0% (2)	30,0% (3)	30,0% (3)	10% (1)	10% (1)
Sur (n=15)	53,3% (8)	33,3% (5)	6,7% (1)	6,7% (1)	0
Oeste (n=8)	0	12,5 (1)	12,5% (1)	37,5% (3)	37,5% (3)
Este (n=10)	90,0% (9)	10,0% (1)	0	0	0
Total (%)	22 (36,7%)	12 (20%)	12 (20%)	10 (16,7%)	4 (6,7%)

**Figura 93.** Distribución de las muestras en función de la calidad en la población total de estudio.**Figura 94.** Calidad de las muestras en Madrid Capital.

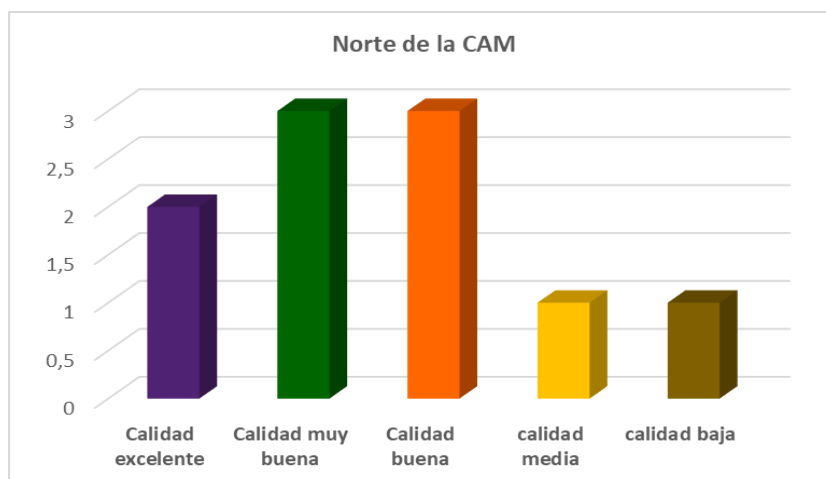


Figura 95. Calidad de las muestras en la zona Norte de la CAM.

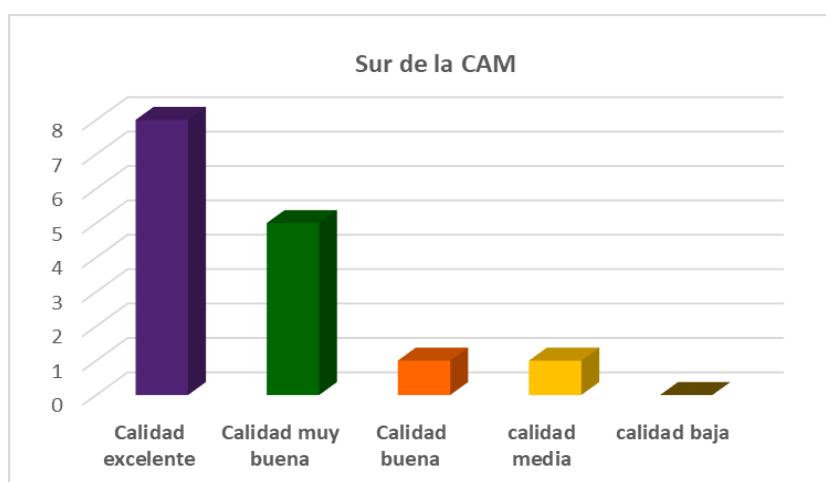


Figura 96. Calidad de las muestras en la zona Sur de la CAM.

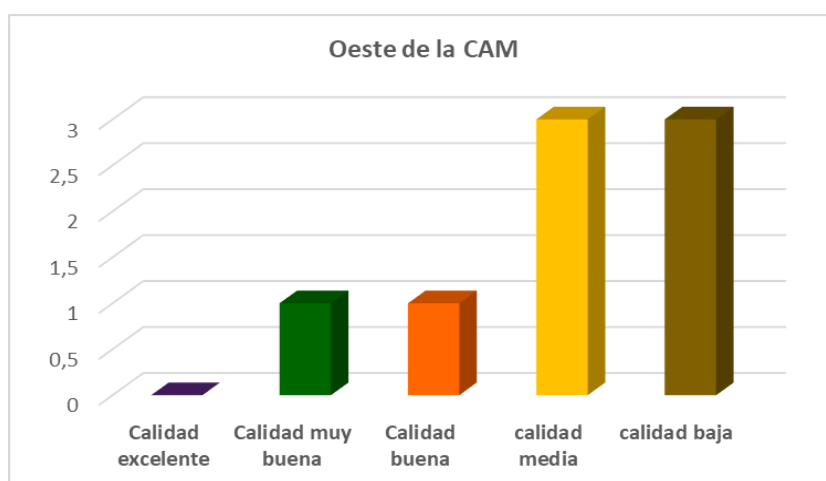


Figura 97. Calidad de las muestras en la zona Oeste de la CAM.

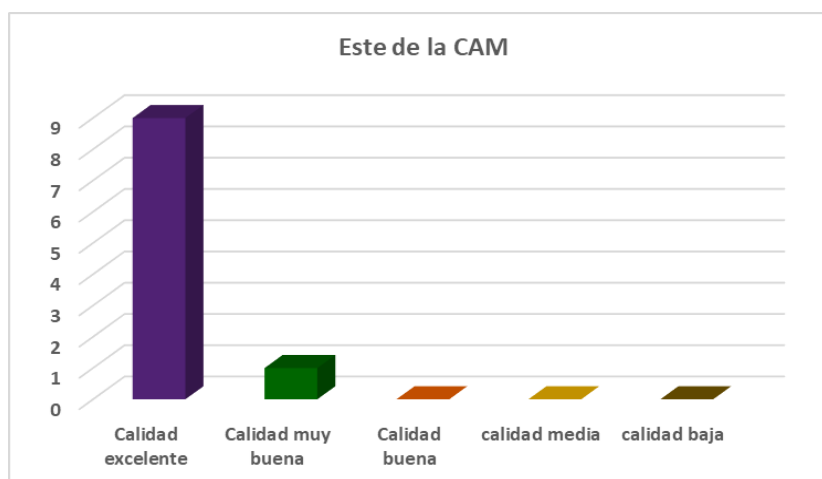


Figura 98. Calidad de las muestras en la zona Este de la CAM.

La tabla 20 recoge la distribución de las muestras, según el contenido de los distintos principios psicoactivos, en función de la calidad en la población total de estudio.

Tabla 20. Distribución de las muestras, según el contenido de principios psicoactivos, en función de la calidad en la población total de estudio.

Calidad (n)	THC [%]		CBD [%]		CBN [%]	
	$\bar{x} \pm DE$	Min - Max	$\bar{x} \pm DE$	Min - Max	$\bar{x} \pm DE$	Min - Max
Excelente (22)	28.8 ± 2.2	25.3 – 33.0	6.1 ± 1.0	4.2 – 8.8	0.68 ± 0.64	0.20 – 3.20
Muy buena (12)	22.8 ± 1.9	20.0 – 25.0	5.2 ± 1.6	3.0 – 8.0	1.51 ± 0.72	0.20 – 2.30
Buena (12)	18.3 ± 1.1	15.0 – 19.2	4.6 ± 1.3	3.0 – 7.0	2.32 ± 0.97	0.70 – 3.80
Media (10)	11.7 ± 1.0	10.2 – 14.0	3.7 ± 0.9	2.3 – 5.0	2.73 ± 0.77	1.80 – 4.30
Baja (4)	8.4 ± 1.4	6.6 – 9.5	3.1 ± 1.4	1.7 – 4.6	4.00 ± 0.57	3.50 – 4.50
Total (60)	21.3 ± 7.3	6.6 – 33.0	5.0 ± 1.5	1.7 – 8.8	1.74 ± 1.24	0.20 – 4.50

Al igual que hicimos con la concentración de THC, quisimos comprobar si con la variable calidad también se establecían las mismas relaciones con respecto a las distintas características organolépticas de las muestras (Tabla 20), y volvimos a encontrar que:

a) las muestras con forma de bellota tenían mayor calidad que los lingotes ($p<0.0005$, Test de Suma de Rangos de Wilcoxon);

b) la calidad de las muestras pegajosas era superior a la de las que tenían textura seca ($p<0.05$, Test de Suma de Rangos de Wilcoxon);

c) el 75% de las muestras con baja calidad poseían una elasticidad nula, mientras que el 77,3% de las muestras con calidad excelente presentaban una elasticidad alta, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ($p<0.0001$, Test exacto de Fisher); además, también pudo establecerse una correlación positiva ($r=0,58$) entre la calidad y la elasticidad ($p<0.0001$, Coeficiente de Correlación de Spearman);

d) la calidad de las muestras con olor a heces fue superior que la de las muestras sin este olor ($p<0.0001$, Test de Suma de Rangos de Wilcoxon).

Tabla 21. Relación entre calidad y elasticidad de las muestras.

Calidad	Elasticidad			Total
	Nula % (n)	Media % (n)	Alta % (n)	
Baja	75,0% (3)	25,0% (1)	0	6,7% (4)
Media	30,0% (3)	60,0% (6)	10,0% (1)	16,7 (10)
Buena	66,7% (8)	33,3% (4)	0	20% (12)
Muy Buena	50,0% (6)	50,0 (6)	0	20% (12)
Excelente	9,1% (2)	13,6% (3)	77,3% (17)	36,7 (22)
Total	36,7% (22)	33,3% (20)	30% (18)	60

DISCUSIÓN

El consumo de hachís es un hábito cada vez más extendido¹ y su uso con fines medicinales, por personas con una salud ya debilitada, también va en aumento.³⁻⁷ De otra parte, tanto el hachís como el resto de derivados del cannabis son drogas de abuso ilegales,¹² por lo que los productores, transportistas, distribuidores y vendedores de estas sustancias no siguen ningún código de buenas prácticas, ni sus productos están sometidos a ningún control de calidad por parte de las autoridades sanitarias. Por todo ello, en la presente Tesis Doctoral hemos analizado las características organolépticas, la presencia de elementos extraños, adulterantes y contaminación microbiológica, así como la concentración de los principios psicoactivos de la resina de cannabis (hachís) consumida en la Comunidad de Madrid, durante un periodo de 12 meses, tratando de establecer si es apta para el consumo humano, además de definir su calidad. Las muestras se han adquirido en distintas localidades repartidas entre las cinco zonas: Madrid Capital y zonas Norte, Sur, Oeste y Este de la Comunidad, por lo que los resultados pueden considerarse representativos de esta Comunidad Autónoma. En nuestro conocimiento, no hay estudios previos que analicen las características de la resina de cannabis adquirida por los consumidores a través de la venta callejera en la CAM y determinen si es apta para el consumo humano.

HOMOGENEIDAD DE PESOS Y PRECIOS

Nuestros datos muestran homogeneidad de pesos y precios de las unidades de hachís vendidas en la calle, con un peso medio de 6,9 g (mínimo=4,9 g y máximo=9,9 g) y sin diferencias estadísticamente significativas entre las distintas zonas de la CAM. El análisis del peso medio de las muestras en relación con el mes de adquisición, aunque también sin significación estadística, mostró una cierta tendencia, es decir, en enero se encontró el peso medio más bajo ($6,3 \pm 0,8$ g) que después fue aumentando progresivamente hasta el mes de mayo, mes en el que se observó el mayor peso medio ($7,5 \pm 1,6$ g). Desde agosto a noviembre volvió a disminuir progresivamente con un repunte al alza en diciembre.

En lo relativo al precio de las muestras, encontramos un precio medio de 21,6 € (mínimo=20, máximo=40) aunque el precio más habitual fue 20 €. Lamentablemente no existen datos oficiales que permitan determinar la evolución de los precios; no obstante, en

el momento de la adquisición se preguntaba a los vendedores si recientemente había habido alguna variación en el precio o en el peso, a lo que en general respondían que había subido unos 5 euros en los últimos tres años, pero que el peso también había aumentado, aunque ninguno especificó cuánto. Diferentes estudios se han centrado en analizar los cambios en el precio de las drogas relacionándolos con los ingresos de los consumidores, así como con su consumo;¹²⁰⁻¹²³ sin embargo, la mayoría de estas investigaciones se centran en sustancias legales, tales como alcohol y tabaco, siendo bastante escasos los análisis sobre el precio de las drogas ilegales. Para este tipo de estudios es necesario remitirse a datos históricos, como en el caso de Chandra y Chandra,¹²⁴ en 2015, quienes examinaron el consumo simultáneo de opio y cannabinoides entre 1907-1918, periodo en el que su consumo era legal y estaba regulado por el Gobierno en la provincia de Pujab (India Británica).

PRESENCIA DE ELEMENTOS EXTRAÑOS

Hemos diferenciado entre presencia de elementos extraños y adulteración basándonos en la intencionalidad, de este último, de modificar las características o el aspecto del producto final.

Llama la atención que el 40% (24/60) de las muestras analizadas contenían elementos extraños ajenos a las muestras (arena, plástico, cinta de embalar, fibras textiles, restos vegetales y pelos), algunas con más de un elemento a la vez. El porcentaje de muestras con elementos extraños fue significativamente mayor ($p < 0.01$) en los lingotes que en las bellotas (64.7% vs. 30.2%). Como norma general, la presencia de estos elementos puede considerarse un hecho accidental, debido a las lamentables e inapropiadas condiciones en las que se produce el hachís, referidas a equipamiento (material rústico, reutilizado y deteriorado, como las telas, plásticos y tamices), limpieza e higiene del lugar de trabajo y cualificación del personal manipulador, resultando bastante fácil cualquier tipo de contaminación cruzada. Además, debe hacerse una mención especial en el caso de los siguientes elementos:

Cinta de embalar (n=5). El principal problema derivado de la presencia de cinta de embalar radica en que no se ha encontrado en la superficie, de donde el consumidor podría retirarlo, sino en el interior de la muestra, de manera que el consumidor, al no detectarlo, lo

mezcla con tabaco y se lo fuma, ingiriendo así los productos de combustión de estos elementos.

Restos vegetales (n=8). Restos ajenos a la planta de la que proviene la resina de cannabis, como trozos de corteza, tallo, hojas y raíz, procedentes de otras especies vegetales y con un tamaño que osciló desde unos pocos milímetros hasta tres centímetros. En general, la cantidad de estas sustancias fue pequeña y no indica que se haya utilizado de manera intencionada como material de engorde. Como excepción cabe resaltar la muestra H-27, en la que el análisis macroscópico evidenció la presencia de un trozo de corteza (3 cm) y gran cantidad de restos vegetales ajenos, tanto en el interior, como en el exterior de la muestra, alcanzando aproximadamente un tercio de su peso total. Por ello, también tendría sentido catalogarlo como adulteración intencionada, en la que tanto productores como vendedores se afanan en obtener la mayor cantidad posible de hachís, aún a riesgo de disminuir la calidad de producto.⁵⁸

Pelos (n=8; 13,3%). Encontrados tanto en la superficie, como en el interior, aunque no se determinó si eran de origen humano o de otro mamífero. Con respecto a la forma de las muestras que contenían pelos, siete de las ocho tenían forma de bellota, siendo el Oeste de la CAM la zona con mayor número de muestras con este elemento (n=5). Cabe destacar que las bellotas se fabrican directamente con las manos y están más tiempo en contacto con el personal manipulador, mientras que los lingotes se fabrican en máquinas prensadoras, con la consiguiente disminución de contacto directo con los manipuladores. Esta misma premisa podría justificar que la presencia de cinta de embalar o restos vegetales fuese mucho mayor en los lingotes que en las bellotas ($p<0.05$ y $p<0.005$, respectivamente).

En cualquier caso, también sería posible considerar, como causa original y común a la presencia de los distintos elementos extraños, el abaratamiento de los procesos de producción y distribución con el único fin de obtener mayores beneficios.

ADULTERACIÓN DE LAS MUESTRAS

En este estudio, como ya se ha mencionado, hemos considerado adulterante toda aquella sustancia introducida de forma intencionada con fines económicos y que provoca

una disminución de la calidad final del producto. En este sentido, los adulterantes pueden clasificarse en tres categorías: a) sustancias añadidas para mejorar la apariencia externa del producto, tales como glucosa, sacarosa, ovoalbúmina y resina de pino; b) elementos utilizados para incrementar el peso de la muestra, tales como polvo de talco, polvo de vidrio y henna; y c) sustancias que aumentan el grado de adicción, tales como cocaína, derivados opiáceos y anfetaminas.

Dentro de la primera categoría (a), la presencia de resina de pino (n=4) se ha valorado tanto por el olor característico que desprende, como por la determinación de ácido abiético; en ambos casos los resultados han sido idénticos. En el proceso de elaboración del hachís, y más concretamente en el proceso de prensado del polvo de hachís, los productores añaden sobre la superficie de las planchas y bellotas una capa fina de resina de pino con el fin, según ellos, de evitar la desecación y deterioro del producto final. La presencia de resina de pino (o resina de colofonio) en el hachís también ha sido publicada por otros autores.^{104,118} Se ha descrito que el consumo de hachís con restos de resina de pino, además de producir un humo negro característico cuando se fuma, provoca en el individuo una irritación en la mucosa traqueofaríngea,^{104,118,125,126} que puede causar asma.¹⁰⁴ Por ello, las muestras con este adulterante no pueden catalogarse como aptas para el consumo humano.

La presencia de glúcidos (11,7%), aunque no sea perjudicial para la salud, sí indica una adulteración intencionada. Cualquiera de estas dos sustancias -glucosa y sacarosa-, mezcladas con agua caliente, sirve para elaborar un jarabe que el vendedor callejero puede añadir para mejorar el aspecto externo de las muestras cuando éstas ya están bastante secas o deterioradas. Recordemos que para los consumidores, el hecho de que una muestra tenga un aspecto brillante, pegajoso y elástico es un claro signo de calidad. En este sentido, hemos encontrado una asociación significativa ($p < 0.05$) entre la presencia de adulterantes y la época de adquisición de la muestra, de manera que en la época calurosa y seca su presencia es mayor que en la fría y húmeda.

La presencia de otros adulterantes, como ovoalbúmina (clara de huevo), empleada en ocasiones para dar un aspecto brillante a las muestras y hacerlas más elásticas, y henna,

sustancia con una textura y color semejantes al hachís, ha sido negativa en todas las muestras.

La segunda categoría de adulterantes incluye elementos utilizados para incrementar el peso de la muestra, entre ellos el polvo de vidrio y cuya detección ha sido negativa en todas las muestras analizadas. Su presencia hubiera sido suficiente para catalogar una muestra como no apta para el consumo humano, la inhalación de polvo de vidrio puede producir una neumonía con fatales consecuencias.¹²⁷ El polvo de talco, otro de los elementos adulterantes de esta categoría, tampoco se ha detectado en ninguna de las muestras de nuestro análisis; su presencia también hubiese sido suficiente para catalogar la muestra como no apta para el consumo ya que el talco se deposita en las vías respiratorias produciendo su inflamación y una menor capacidad de intercambio de gases.¹²⁸ Otros autores también han descrito secuelas respiratorias funcionales a largo plazo y condiciones agudas que amenazan la vida tras el consumo de drogas ilegales causadas también por la presencia de impurezas.¹²⁹

Con respecto a la tercera categoría de adulterantes, entre la población consumidora de hachís, incluso entre parte de la población no consumidora, circula la idea de que el hachís se adultera de forma intencionada con ciertas sustancias, como heroína, cocaína, morfina, anfetaminas o derivados de éstas, para aumentar el grado de adicción. Idea también avalada por el trabajo de Eskes et al.¹³⁰ En este sentido, los resultados de las 60 muestras analizadas en el presente estudio han sido negativos, ninguna de las muestras presentó restos de sustancias que pudiesen aumentar la adicción o el potencial de reforzamiento en el área de recompensa cerebral. Estos resultados concuerdan con los informes publicados por el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses durante los años 2011-2015,¹²⁵ en los que no se hace referencia a ninguna de las sustancias adulterantes descritas en este punto.

En definitiva, en nuestro estudio, el 18,3% de las muestras estaban adulteradas y la adulteración fue más frecuente en los lingotes que en las bellotas; sin embargo, no existen datos oficiales con los que poder comparar si ha habido alguna variación a lo largo de los últimos años, ya sea a nivel autonómico o nacional.

CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA

En el análisis de las 60 muestras aparecieron hongos del género *Aspergillus* en seis de ellas. *Aspergillus* es un hongo filamentoso, de crecimiento rápido (3-4 días entre 25-27°C), con hifas relativamente anchas y de ramificación dicotómica a 45°. Las hifas fértiles o conidióforos son rectos, no ramificados, de tamaño variable y con vesícula apical redonda, hemiesférica o elipsoide. De la vesícula (uni o biseriada) nacen directamente las fiálides y, de éstas, salen los conidios (esporas asexuales externas). Los conidios forman cadenas de disposición columnar o radiada. Las colonias son, en un principio, blancas y después verdes, aunque pueden ser también amarillentas, gris café o, incluso, negras. El hábitat natural de los conidios y esporas de *Aspergillus* está muy extendido, desde el aire, en el que se encuentran en suspensión, hasta el suelo y la materia orgánica en descomposición de prácticamente cualquier lugar.¹³¹

Algunas especies del género *Aspergillus* son capaces de generar toxinas muy perjudiciales para el individuo, pero el mayor problema es la infección conocida como aspergillosis, donde el hongo es capaz de colonizar al individuo afectando a lugares tan distintos como corazón, riñón, cerebro, bazo y, más frecuentemente, vías respiratorias, en las que la infección puede provocar la muerte del individuo, incluso con un sistema inmunitario en perfectas condiciones.¹³²⁻¹³⁴ Se han descrito numerosos casos de aspergillosis por inhalación de humo proveniente de derivados del cannabis contaminado con este hongo,¹³⁵⁻¹³⁷ principalmente en pacientes inmunodeprimidos.

Una creencia popular extendida entre los consumidores de hachís es que no importa que las muestras tengan bacterias, hongos o restos de cualquier tipo, ya que al consumirlas fumando se elimina cualquier elemento nocivo. La forma de consumo más extendida de la resina de cannabis en la CAM, y por extensión en todo el Territorio Nacional, es fumada mezclándola con tabaco, seguida de fumada sola y, en tercer lugar y de forma muy minoritaria, ingerida vía oral formando parte como condimento de distintos alimentos o preparaciones. Es cierto que al consumirse fumada, la presencia de bacterias, hongos y otros restos de sustancias ajenas a la muestra original se destruyen con la incineración, el problema radica en que, hasta que se produce este proceso, junto con el humo procedente

de la combustión de la mezcla tabaco-hachís o hachís solo, el consumidor está aspirando pequeñas partículas de hachís que pueden estar contaminadas o adulteradas y, dependiendo del tamaño de éstas, se quedarán en la mucosa bucal y después pasarán al aparato digestivo, o pasarán al aparato respiratorio directamente (partículas más pequeñas). Recordemos que durante el consumo de resina de cannabis, ya sea como porro o en pipa sin mezclar, no se emplea ningún tipo de filtro pues retendría principios activos y el efecto en el consumidor no sería el mismo. En algunos casos se emplea un trozo de cartón enrollado en forma de espiral con un paso de luz grande, a modo de boquilla.

El Reglamento de la Unión Europea, en sus criterios microbiológicos aplicables a productos alimenticios,¹¹⁹ establece para sustancias como el té y derivados una carga fúngica máxima de 1×10^4 UFC/g, siempre y cuando estos hongos pertenezcan a cepas no toxigénicas, en cuyo caso la muestra no será apta para el consumo humano. En España estos criterios se han extrapolado a frutas y verduras destinadas a ser consumidas directamente.¹³⁸ Así mismo, la U.S. Herbal Pharmacopeia,¹³⁹ establece la cantidad máxima de 1×10^4 UFC/g para que una muestra sea considerada apta, además de no poder contener géneros patógenos, como *Aspergillus*, en cada gramo de muestra.

Nuestros resultados muestran un elevado número de muestras (10%) contaminadas con *Aspergillus spp.*, el cual también es la especie de hongo más frecuentemente encontrada en las plantaciones interiores ilegales de cannabis de varios países.¹⁴⁰ Además, la concentración media del hongo ($3,8 \times 10^3$ UFC/g) también ha sido elevada, representando un serio riesgo para la salud. *Aspergillus* está ampliamente distribuido en la naturaleza,¹⁴¹ por lo que se puede asumir que su contaminación se deba a las deficiencias higiénicas y a las inadecuadas condiciones de humedad y temperatura durante su producción, transporte y almacenaje. Otros estudios también han mostrado contaminación por *Aspergillus* en muestras de cannabis, como el llevado a cabo por la Fundación Canna,¹⁴² sobre muestras procedentes de clubes de consumidores de derivados del cannabis en Cataluña, en el que encuentran un 5,4% de muestras contaminadas. Así mismo, un estudio realizado en los coffee-shop de los Países Bajos, reveló que el 100% de las muestras analizadas presentaban crecimiento fúngico en mayor o menor medida, y el 70% de ellas deberían considerarse no

aptas para el consumo humano.¹⁴³ Fuera de la UE, la Universidad Nacional de Costa Rica analizó las muestras de cannabis incautadas en el año 2015; en sus resultados el 100% de las muestras presentaron crecimiento de hongos del género *Aspergillus*.¹⁴⁴

En cuanto al resto de hongos aparecidos en las muestras analizadas, en principio, no deberían suponer un peligro para el consumidor sano, dado que se trata de géneros de hongos presentes de forma habitual en muestras de origen vegetal y, en ningún caso, superan los límites máximos establecidos por las normativas actuales. Estos géneros son: *Penicillium*, *Mucor* y *Scedosporium*, y, aunque por su concentración no se consideran tóxicos, sí pueden producir una sinusitis fúngica en individuos sensibles a estas especies.¹⁴⁵

De otra parte, la bacteria *E. coli*, procariota de la familia Enterobacteriaceae y descubierta en 1885 por Theodore von Escherich, es probablemente la bacteria más estudiada del mundo; forma parte de la flora intestinal normal de humanos y animales superiores, aunque también es habitual su presencia en aguas residuales. Posee un tamaño medio de 0,5μ de ancho por 3μ de largo. Se trata de una bacteria Gram-negativa, móvil gracias a los flagelos periféricos que rodean su cuerpo, fermentadora de lactosa, glucosa y sacarosa, versátil porque se adapta bastante bien al medio ambiente, anaerobia facultativa, no esporulada y con un crecimiento óptimo a un pH entre 6,0 y 7,0 y una temperatura de 37º C. La mayoría de las cepas no sólo no son patógenas, sino que son necesarias para un funcionamiento correcto del intestino. Sin embargo, existen algunas cepas patógenas que pueden desencadenar en el individuo patologías tales como infecciones intestinales -cuya gravedad depende del estado inmunológico del paciente-, cistitis, peritonitis, mastitis, septicemia, meningitis y neumonía.¹⁴⁶⁻¹⁴⁹

La U.E., en su normativa de criterios microbiológicos aplicables a los alimentos, también establece para *E. coli* una presencia máxima de 1×10^3 UFC/g en frutas y verduras preparadas para consumo directo.¹¹⁹ Este criterio es idéntico para el té y sus derivados.¹¹⁹ Por otra parte, la U.S. Herbal Pharmacopeia¹³⁹ establece una concentración máxima de bacterias igual a 1×10^5 UFC/g en productos derivados del cannabis, para que puedan ser aptos para el consumo humano. Además, indica que estas muestras no podrán contener

coliformes en valor superior a 1×10^3 UFC/g de muestra, ni presencia de variedades patógenas de *E.coli*, ni de *Salmonella spp.*

En nuestra población de estudio detectamos contaminación por *E.coli* en el 75% de las muestras (n=45); dos zonas de la CAM superaron con creces este porcentaje medio, la zona Sur, con un 86,7% de muestras contaminadas, y la zona Este, con un 90%, aunque estas diferencias no mostraron significación estadística. Además, todas las muestras contaminadas por *E. coli* superaban los límites establecidos para ser aptas para el consumo (rango: $3,6 \times 10^4$ a $1,1 \times 10^6$ UFC/g). Estos datos son similares a los encontrados por Hazekamp,¹⁴³ quien analizó la contaminación microbiológica de las muestras de hachís adquiridas en los coffee shops de Holanda, y encontró un 80% de muestras contaminadas con *E. coli*; sin embargo, a diferencia de nuestro estudio, sólo el 50% de las muestras presentaba cantidades de *E. coli* superiores al máximo permitido por las guías de la UE y de USA.^{119,139}

Al igual que con *Aspergillus*, es posible sugerir como causa probable de este tipo de contaminación las deficientes condiciones higiénicas en las que el hachís se produce, transporta y almacena; además, la gran dispersión de UFC/g encontradas en nuestras muestras también podría reflejar variaciones en las mencionadas condiciones higiénicas. En este sentido, las muestras con forma de bellota se transportan habitualmente en el interior del aparato digestivo, lo cual puede explicar el hecho de que la contaminación por *E. coli* sea especialmente significativa entre las bellotas en comparación con los lingotes (88,9% vs. 11,1%; $p < 0.0001$; Tabla 13). Además, debemos resaltar que casi el 40% de las muestras contaminadas con *E. coli* tenían olor a heces (Tabla 13). Sin embargo, no explicaría que haya un 62,2% de muestras contaminadas por *E. coli* y sin olor a heces.

Se sabe que el riego con aguas residuales, a menudo muy contaminadas con microorganismos entéricos, es una fuente de contaminación de frutas y verduras.¹⁵⁰⁻¹⁵² Esta posibilidad de contaminación en origen de la planta de marihuana, aunque no se ha demostrado en nuestro estudio, no podría ser totalmente descartada. Los resultados del análisis microbiológico de la parte interna realizado en las 30 muestras adicionales sí descartan esta posibilidad, dado que una vez retirada la capa superficial de la muestra no pudo aislarse *E. coli* en ninguna de ellas. No obstante, cuando el análisis microbiológico de

estas 30 muestras incluía también la capa externa, tanto el porcentaje de muestras contaminadas con *E. coli* (80%), como la concentración de este patógeno (promedio de $4,4 \times 10^5$ UFC/g), fueron muy similares a los obtenidos con las primeras 60 muestras. Estos resultados indican claramente que la contaminación por *E. coli* no ocurre en la marihuana en origen, sino en los diferentes pasos del proceso de producción, transporte y entrega.

MUESTRAS APTAS PARA EL CONSUMO HUMANO

De acuerdo con los criterios establecidos en este estudio, la mayoría de las muestras (88,3%) no fueron aptas para el consumo, debido principalmente a la contaminación microbiológica. El porcentaje de muestras no aptas llegó al 100% en el caso de las muestras con forma de bellota. Esta circunstancia supone un riesgo para la salud, así como un fraude para los consumidores.

PRINCIPIOS PSICOACTIVOS

Δ^9 -tetrahidrocannabinol (THC), una de las tres sustancias psicoactivas analizadas en este trabajo, es el principio activo más estudiado y el principal responsable del consumo de resina de cannabis. En nuestra población de estudio el porcentaje de concentración de THC varía entre un mínimo del 6,6% y un máximo del 33%, con una concentración media del 21,3%.

En España, la asociación Ailaket (País Vasco),¹⁵³⁻¹⁵⁵ en colaboración con la Universidad del País Vasco, y la asociación Energy-Control (Cataluña),^{156,157} ambas dedicadas a informar sobre las drogas de abuso en todos sus aspectos y promover un consumo responsable, analizaron las muestras de hachís de su entorno; la concentración de THC obtenida en ambos estudios es muy similar a la de la presente Tesis Doctoral sobre la resina de cannabis de la Comunidad de Madrid (Tabla 22).

Tabla 22. Concentración de THC en el hachís de distintas Comunidades de España.

	Concentración de Δ^9 -tetrahidrocannabinol (THC)		
	2013	2014	2015
País Vasco	18,7%	24,7%	20%
Cataluña	---	21%	22%
CAM	---	---	21,3%

Actualmente existe una creciente preocupación referida al aparente aumento en la potencia del cannabis (concentración de THC) -responsable de los efectos psicológicos adversos a dosis elevadas-, con una concomitante disminución del CBD –principio conocido como cannabinoide anti-psicótico.¹⁵⁸⁻¹⁶¹ Por ello, numerosos estudios se han centrado en analizar las concentraciones de estos principios activos, con resultados en muchos casos contradictorios.¹⁶⁰⁻¹⁶⁸ Dujourdy y Besacier,¹⁶⁴ constatan un aumento considerable en Francia, pasando de una concentración de THC del 10%, en 2009, al 23% en 2016. En Holanda, por el contrario, entre 2005 y 2015 encuentran un contenido medio de THC del 16,5% pero la potencia del cannabis muestra una ligera tendencia a la disminución (0,22% cada año).¹⁶⁶ Nuestros análisis se refiere a un único año (2015) por lo que no podemos establecer ninguna tendencia, sin embargo, en lo que a potencia se refiere, nuestros resultados concuerdan con los obtenidos en Francia en 2016.

El Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses marca el nivel de calidad de la resina de cannabis en función de la concentración de THC (ver tabla 1).⁶⁸ En nuestro estudio hemos seguido esta clasificación, si bien conviene aclarar que no nos parece muy conveniente asociar “calidad” con “concentración de THC” y que sería más adecuado hablar sólo de potencia del hachís para referirse al contenido en THC. Sobre todo considerando los efectos perjudiciales que produce una alta concentración de THC; de hecho, se ha propuesto una escala para establecer que todos los productos cannábicos con un contenido en THC superior al 15% sean considerados drogas duras con serio riesgo para la salud.¹⁶⁶ Hecha esta aclaración, con respecto al hachís consumido en la Comunidad de Madrid durante el año

2015, la concentración media obtenida (21,3%) se cataloga como una calidad muy buena; además, el 36,7% de las muestras presentaron una calidad excelente. Sin embargo, también se debe destacar que todas las muestras catalogadas como de calidades excelente, muy buena y buena poseen un contenido en THC mayor del 15% y representan el 76,7% de nuestras muestras.

En cuanto a la distribución por zonas, en el Este de la CAM el 90% de las muestras presentaron una calidad excelente, siendo la zona con la media de calidad más alta, equivalente a una calidad muy buena. En el lado opuesto se situó la zona Oeste, donde se encuentra el mayor porcentaje de muestras con calidad baja (37,5%) y ninguna de calidad excelente. Las diferencias entre ambas zonas fueron estadísticamente significativas ($p < 0.0005$).

La tabla 23 muestra la calidad de hachís publicada a nivel nacional entre 2011 y 2015 por el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses,¹²⁵ así como la obtenida en nuestro estudio realizado en la Comunidad de Madrid en 2015. De estos datos se desprende que el mayor porcentaje de muestras con calidad excelente se encuentra en la CAM.

Tabla 23. Relación de la calidad de hachís a nivel nacional y en la CAM.

Calidad	Nacional (INTCF)					CAM
	2011	2012	2013	2014	2015	2015
Excelente	6,4%	21,6%	20,7%	21,1%	19%	36,7%
Muy buena	19,3%	21,9%	26,7%	40,4%	5,9%	20%
Buena	27%	28,4%	28,7%		40%	20%
Media	28,7%	14,3%	13,7%	28,3%	35,1%	16,7%
Baja	18,6%	13,8%	10,2%	9,9%	0%	6,7%

El **cannabidiol (CBD)** es el principio activo más buscado por las personas que emplean o consumen hachís con fines terapéuticos para tratar diferentes patologías y, como ya se ha mencionado, además de considerarse un cannabinoide anti-psicótico,^{160,169} se cree que

desempeña un papel modulador sobre los efectos psicoactivos del cannabis, es decir, sobre los efectos adversos del THC.^{158,170} THC y CBD parecen tener efectos antagonistas sobre las redes neuronales subyacentes a varios procesos cognitivos.¹⁶⁹ La resina de cannabis con un alto contenido en CBD es la preferida por las personas que consumen hachís antes de dormir, debido a las propiedades relajantes y tranquilizantes de este principio activo. En nuestro estudio, la concentración de CBD osciló entre 1,7% y 8,8%, con un valor medio del 5%; además los contenidos de THC y CBD mostraron una correlación positiva estadísticamente significativa ($p < 0.0001$). La preocupación actual sobre la tendencia al aumento de THC, se acentúa por la aparente conjunta disminución de CBD, es decir, la razón CBD/THC tiende hacia una mayor proporción de THC.^{159,161,164,168} En nuestras muestras la razón media CBD/THC es 0,23, cifra intermedia a la obtenida en Venecia entre 2010 y 2012 (CBD:THC=0,52-0,18, respectivamente).¹⁶¹

Con respecto a los estudios realizados en España (País Vasco y Cataluña),¹⁵³⁻¹⁵⁷ la razón CBD/THC durante el año 2015 es muy similar a la obtenida en nuestro trabajo en la CAM (Tabla 24). En el que la concentración de CBD fue mayor en las zonas Sur y Este de la CAM, con diferencias estadísticamente significativas con respecto a la zona Oeste ($p < 0.005$). Sin embargo, llama la atención que sea precisamente la zona Oeste la que presenta una mayor razón CBD/THC (0,27). Por ello, aunque la resina de cannabis de la zona Oeste sea la que tiene el menor contenido tanto de THC (<15%) como de CBD, podríamos sugerir que es la menos perjudicial.

Tabla 24. Razón CBD/THC en el hachís de distintas Comunidades de España.

Año	País Vasco		Cataluña		CAM	
	CBD	CBD/THC	CBD	CBD/THC	CBD	CBD/THC
2013	5,85%	0,31%	---	---	---	---
2014	3,09%	0,12%	5,5%	0,26	---	---
2015	4,73%	0,24	5%	0,23	5%	0,23

El **Cannabinol (CBN)** es el tercer principio activo analizado y, además de ser una sustancia psicoactiva -aunque unas diez veces menos potente que el THC, es también un producto de degradación del THC. En nuestros resultados, la concentración de CBN varió entre un mínimo de 0.1% y un máximo de 4.5%, siendo la media 1.74%. De otra parte, se obtuvo una correlación negativa estadísticamente significativa ($p < 0.0001$) entre la concentración de CBN y las de THC y CBD; correlación que se justifica por ser CBN un producto de degradación de THC. Este hecho permite establecer una relación entre la concentración de CBN y la “edad” de las muestras analizadas, al menos en condiciones correctas de conservación, por lo que la razón CBN/THC se ha propuesto y utilizado para determinar la frescura de una muestra;^{161,164,171} aunque son necesarias más investigaciones para estimar de manera fiable los efectos de las condiciones de almacenamiento y maduración sobre los niveles de THC.¹⁶¹

La concentración media de CBN en los estudios del País Vasco¹⁵³⁻¹⁵⁵ (1,62% en 2013, 1,48% en 2014 y 1,65% en 2015) son muy similares a los de la CAM (1,74%); sin embargo, el valor publicado en el análisis de Cataluña¹⁵⁷ en 2015 (3,0%) es muy superior a los de la CAM y País Vasco, lo que podría indicar que el hachís consumido en Cataluña o bien es más antiguo, o bien se ha mantenido en condiciones de conservación menos adecuadas, sufriendo así un mayor deterioro.

En nuestro trabajo, la zona Este de la CAM fue la que presentó una menor concentración media de CBN (1,03%) junto a una mayor concentración media de THC (27,5%); por el contrario, la zona Oeste de la CAM mostró la mayor concentración media de CBN (2,71%) y la menor de THC (12,7%).

Otra idea que prevalece entre la población consumidora de Hachís es que las muestras adquiridas en otoño e invierno son mejores que las adquiridas en primavera y verano. Las muestras empleadas para este estudio se adquirieron a lo largo de un año completo, a razón de cinco al mes, y para este análisis se agruparon en dos épocas: la estación fría y húmeda (meses de octubre a abril) y la estación seca y calurosa (meses de mayo a septiembre). Nuestros resultados no han mostrado diferencias estadísticamente significativas en la concentración de los principales principios psicoactivos, THC y CBD, en función de la época

del año. No obstante, sí hemos observado una mayor concentración de CBN en la época seca y calurosa que en la fría y húmeda ($p < 0.05$). Es posible que el exceso de calor ambiental en esta época degrade las muestras por oxidación del THC, aumentando así los niveles de CBN. También podría ocurrir que los niveles de CBN aumenten debido a la mala conservación de las muestras, en lo referente a lugares de almacenamiento y protección.

Principios Psicoactivos en Relación con las Características Organolépticas

La población consumidora de resina de cannabis, en la Comunidad de Madrid, es de lo más variopinta en cuanto a edad, estado de salud o estatus social, pero tienen en común una serie de cánones o principios por los que se rigen cuando lo compran, destacando los siguientes: una muestra es mejor (contiene más THC) cuanto más oscuro sea su color, más pegajosa y elástica parezca, y mayor olor a heces posea.

Con respecto al color, los consumidores asumen dos cuestiones: 1) una muestra es tanto más oscura cuanto más fresca sea, y 2) cuanto mayor es la frescura, mayor es la concentración de principios psicoactivos. Por el contrario, nuestros resultados evidencian que la concentración de THC de en las muestras amarillas es mayor que en las verde claro y verde oscuro ($p < 0.01$ y $p < 0.0005$, respectivamente). Además, la concentración de CBN fue mayor en las muestras verde oscuro que en las verde claro y amarillas ($p < 0.05$ y $p < 0.0001$, respectivamente), lo que indica que las muestras más claras (amarillas) son las más frescas.

Con respecto a la elasticidad de las muestras, en principio, se considera que una muestra elástica es fresca y contiene una elevada concentración de sustancias psicoactivas. En nuestro estudio la elasticidad, catalogada como nula, media y alta, también ha resultado ser un claro indicativo de calidad: las muestras con elasticidad alta presentan una concentración de THC mayor que las muestras con elasticidad nula ($p < 0.0001$), existiendo además una correlación positiva entre la elasticidad y la concentración de THC ($p < 0.0001$). A su vez, las muestras de color amarillo fueron más elásticas que las verde claro y que las verde oscuro ($p < 0.005$ y $p < 0.0001$, respectivamente).

La textura o untuosidad de las muestras, catalogada como seca y pegajosa, es otro de los principios por los que se rige el consumidor. Nuestros resultados han mostrado que la

concentración de THC es superior en las muestras pegajosas que en las de textura seca ($p < 0.05$), con una clara asociación entre la textura y el color, de manera que existe una alta probabilidad ($p < 0.01$) de que una muestra de color amarillo presente una textura pegajosa. Así mismo se ha observado una estrecha relación entre textura y elasticidad, de forma que las muestras más pegajosas son también las más elásticas ($p < 0.0001$).

Los criterios de elasticidad y textura podrían verse influenciados por la presencia de adulterantes. Tanto elasticidad como textura pueden modificarse añadiendo glucosa, sacarosa o resina de pino, adulterantes encontrados en el presente trabajo en el 18,3% de las muestras. Estas sustancias aplicadas a una muestra seca o deteriorada pueden mejorar su elasticidad y conferirle un aspecto más brillante y pegajoso. Nuestros resultados han mostrado una mayor concentración de CBN en las muestras positivas para cualquiera de estos tres adulterantes que en el resto de muestras no adulteradas ($p < 0.0005$).

Si tenemos en cuenta el criterio de calidad adoptado en el presente trabajo, que atiende exclusivamente a la concentración de THC, podemos establecer que las muestras de resina de cannabis más claras (amarillas), más elásticas y más pegajosas son las que presentan mayores concentraciones de THC y, por tanto, mayor calidad.

Finalmente, el olor a heces es otro de los criterios que el consumidor asocia con una mejor calidad del producto. En nuestro estudio el 28,3% de las muestras olían a heces y, en conjunto, presentaron una concentración de THC superior al del resto de las muestras sin olor a heces ($p < 0.0001$), además todas ellas estaban contaminadas con *E.coli*. Por ello, este dato se debe analizar también en relación con la forma de las muestras. En este sentido, los resultados han mostrado que todas las muestras con olor a heces estaban contaminadas con *E. coli* y todas tenían forma de bellota. En relación con la forma, la concentración de THC fue mayor en las muestras con forma de bellota que en los lingotes ($p < 0.0001$). En cualquier caso, aunque las muestras con olor a heces, todas ellas con forma de bellota, presenten concentraciones de THC que se pueden catalogar como excelentes o muy buenas, también presentan concentraciones de *E. coli* tan elevadas que las convierte en no aptas para el consumo.

En definitiva, analizando en conjunto los resultados de la presente Tesis Doctoral, podemos sugerir que en Madrid la potencia del cannabis es alta y similar a la potencia registrada en Francia y en otras poblaciones de España;^{153-157,164} sin embargo, aunque nada parece indicar que haya un concomitante descenso de la concentración de CBD, no podemos asegurarlo pues nuestro estudio se centra en un año concreto. Los datos más alarmantes se refieren al elevadísimo porcentaje de muestras no aptas para el consumo (88,3%) que, en el caso de las muestras con forma de bellota, llega al 100%, principalmente a causa de la contaminación microbiológica. Creemos que estos datos deben ponerse en conocimiento de las autoridades sanitarias y administrativas por constituir un problema de salud pública.

Creemos que son necesarias futuras investigaciones sobre la resina de cannabis consumida en la Comunidad de Madrid centradas, en primer lugar, en la determinación y cuantificación de abonos, plaguicidas y pesticidas no autorizados, o prohibidos, en el cultivo de especies vegetales destinadas a consumo humano. En segundo lugar, la determinación y cuantificación de metales pesados (plomo, mercurio, arsénico y cadmio), sustancias que poseen una elevada toxicidad y cuya presencia podría deberse a la descomposición de plaguicidas y pesticidas, pero también a un uso anterior del campo que lo inhabilite como explotación agraria, como por ejemplo un terreno destinado previamente a vertedero (material orgánico, inorgánico o industrial), desguace de maquinaria o, incluso, la existencia previa de alguna fábrica textil, de papel o de derivados del petróleo. Recordemos que el cultivo de las especies vegetales de las que se extrae el hachís consumido en España se realiza principalmente en Marruecos, país no perteneciente a la U.E. y, por tanto, no obligado a seguir su normativa; a la vez que no está sometido a ningún tipo de control por tratarse de una sustancia ilegal.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- PRIMERA.** Un elevado porcentaje (88,3%) de la resina de cannabis adquirida en la calle en la Comunidad de Madrid no es apto para el consumo humano, principalmente a causa de la contaminación microbiológica que, en el caso de *E. coli* afecta sólo a la superficie externa de la muestra, por lo que se descarta que ésta se haya producido en origen.
- SEGUNDA.** Existe una fuerte asociación entre la forma y el resto de las características de las muestras, de manera que adulteración y presencia de elementos extraños son más frecuentes en los lingotes, sin embargo la contaminación microbiológica es mayor en las bellotas; además, ninguna muestra con forma de bellota es apta para el consumo.
- TERCERA.** La potencia media (concentración de Δ^9 -tetrahidrocannabinol) de la resina de cannabis de la CAM es alta (21.3%), similar a la publicada en Francia y otras regiones de España, además la concentración de cannabidiol (5.0%) también es elevada.
- CUARTA.** En las zonas Este y Sur de la CAM se encuentra la resina de cannabis con mayor concentración tanto de Δ^9 -tetrahidrocannabinol (calidades excelente y muy buena, respectivamente), como de cannabidiol.
- QUINTA.** La potencia de las muestras de hachís varía en función de sus características organolépticas, siendo las más potentes las de color amarillo, con forma de bellota, aspecto pegajoso y elasticidad alta.

REFERENCIAS

1. **Observatorio Español de la Droga y las Toxicomanías (OEDT)** [Internet]. Alcohol, tabaco y drogas ilegales en España, Informe 2016 [citado agosto 2017]. Disponible en: http://www.pnsd.mscbs.gob.es/profesionales/sistemasInformacion/sistemaInformacion/pdf/2016_Informe_Resumen_ejecutivo.pdf
2. **Backes M.** Cannabis pharmacy. London: Elephant Group; 2017.
3. **Borgelt LM, Franson KL, Nussbaum AM, Wang GS.** The Pharmacologic and clinical effects of medical cannabis. *Pharmacotherapy* 2013;33:195-209.
4. **Kahan M, Srivastava A, Spithoff S, Bromley L.** Prescribing smoked cannabis for chronic noncancer pain: preliminary recommendations. *Can fam physician* 2014;60:1083-1090.
5. **Murnion B.** Medicinal cannabis. *Aust Prescr* 2015;38:212-215.
6. **Naftali T, Mechulam R, Lev LB, Konikoff FM.** Cannabis for inflammatory bowel disease. *Dig Dis* 2014;32:468-474.
7. **Schrot RJ, Hubbard JR.** Cannabinoids: Medical implications. *Ann Med* 2016;48:128-141.
8. **Kowal MA, Hazekamp A, Colzato LS, van Steenberg H, van der Wee NJ, Durieux J et al.** Cannabis and creativity: highly potent cannabis impairs divergent thinking in regular cannabis users. *Psychopharmacology (Berl)* 2015;232:1123-1134.
9. **Growshop.es** [Internet]. Asociaciones cannabicas en España; 2016 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://www.growshop.es/marihuanacultivo/asociaciones-cannabicas/>.
10. **Infocannabis.org** [Internet]. Informe anual de clubs de consumidores; 2014 [citado agosto 2017]. Disponible en <http://www.infocannabis.org/comunicados>.
11. **Herrero S.** El Cannabis y sus derivados en el Derecho Penal Español. *Adicciones* 2000;12(Suppl 2):315-330.
12. **Jefatura del Estado.** Código Penal Español. Título XVII: De los delitos contra la seguridad colectiva; Cap. III: De los delitos contra la salud pública. Art. 368. *BOE* nº:281 de 24 de noviembre de 1995. Vigencia desde 24 de mayo de 1996. Revisión vigente desde 28 de octubre de 2015.
13. **Hidalgo Downing E.** ¿Sabes lo que te metes? Barcelona: Armengol; 2007.
14. **Ramos Atance JA, Fernandez Ruiz JJ.** Uso de los Cannabinoides a través de la historia. *Adicciones* 2000;12(Suppl 2):19-30.
15. **Camp WH.** The antiquity of hem as an economic plant. Cannabis and Culture. NY: Gard; 1936.
16. **Touw M.** The religious and medicinal uses of cannabis in China, India and Tibet. *J Psychoactive Drugs* 1981;13:23-34.
17. **Escohotado A.** Historia General de las Drogas. 7ª ed. Madrid: Espasa; 1998.
18. **Chopra IC, Chopra RN.** The use of cannabis drugs in India. *Bull Narc* 1957;9:4-29.
19. **O'Shaughnessy WB.** On the preparation of Indian hemp or gunjah. *Trans Med Phys Soc Bombay* 1842;8:421-461.
20. **Dolor.com** [Internet]. Alemania: Fundación Günenthal. El dolor en la historia (III): China; 2017 [citado diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.dolor.com/historia>.
21. **Marin Vergara S, Vasco Atehortúa AF, Valencia Molina JG, Franco Cardona AF, Marín Mira S** [internet]. El Hinduismo; 2013 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://www.hinduismoalegre.blogspot.com>.

22. **Clarke RC.** Hashish. 2nd ed. Los Angeles CA: Red Eye Press; 1998.
23. **Kuh C, Swartzewelde S, Wilson W.** Colocados. Madrid: Debate; 2012.
24. **Velasco A** [internet]. Papirosperdidos.com: Seshat la escriba de la realeza; 2016 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://www.papirosperdidos.com/seshat>.
25. **Nahas GG.** Hashish and drug abuse in Egypt during 14th-20th century. *Bull NY Acad Med* 1985;61:428-444.
26. **Rouyer M.** Sur les médicaments usuels des Egyptiens. *Bull Pharmacie* 1895;2:25-32.
27. **Moll ML** [Internet]. Revista la Alcazaba: el papiro Ebers; 2012 [citado agosto 2016]. Disponible en: <http://www.laalcazaba.org/papiroebers>.
28. **Brunner TF.** Marijuana in ancient Greece and Rome. The literary evidence. *Bull Hist Med* 1973;47:344-348.
29. **Universidad de Virginia** [Internet]. Historical Collectiosn at the Claude Moorer Health Sciences Library: De Materia Médica; 2007 [Citado agosto 2017]. Disponible en: <http://exhibits.hsl.virginia.edu/treasures/pedanius-dioscorides-of-anazarbos-fl-50-70>.
30. **Universidad de Virginia** [Internet]. Historical Collectiosn at the Claude Moorer Health Sciences Library: De Usurparum c Humanun; 2007 [Citado agosto 2017]. Disponible en: <http://exhibits.hsl.virginia.edu/treasures/deusurparumchumanun>.
31. **Nahas GG.** Hashish and Islam: 9th to 18th century. *Bull NY Acad Med* 1982;58:814-831.
32. **Cárdenas Arévalo J** [Internet]. La maravillosa historia de la medicina: medicina en la Edad Media (Cap VII); 2001 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://www.cardenashistoriamedicina.net/capitulos/es-cap7.htm>.
33. **Grinspoon L.** Marihuana la medicina prohibida. Buenos Aires: Paidos; 1998.
34. **Fortune B.** Plantación de Cáñamo en el siglo XIX. En: Herald Leader. 12-Nov.2015.
35. **Abrams DI, Guzman M.** Cannabis in cancer care. *Clin Pharmacol Ther* 2015;97:575-586.
36. **Guzman M.** Cannabinoids: potential anticancer agents. *Nat Rev Cancer* 2003;3:745-755.
37. **Velasco G, Sánchez C, Guzmán M.** Towards the use of cannabinoids as antitumour agents. *Nat Rev Cancer* 2012; 12:436-444.
38. **Lorenzo P, Leza JC.** Utilidad terapéutica del Cannabis y derivados. *Adicciones* 2000;12(Suppl 2):149-168.
39. **Rivera R** [Internet]. tunoticiadigital.com: Cannabis medicinal; 2017 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://tunoticiadigital.com/anuncian-cursos-para-la-industria-del-cannabis-medicinal/>.
40. **Cervantes J.** The cannabis encyclopedia: the definitive guide to cultivation & consumption of medical marijuana. Holland: Van Patten Editorial S.L.; 2015.
41. **Quiroga M.** Cannabis: efectos nocivos sobre la salud física. *Adicciones* 2000;12(Suppl 2):117-134.
42. **Angeles-López GE.** Cannabis sativa L., una planta singular. *Rev Mex Cienc Farm* 2014;45:58-64.
43. **Conabio.gob.mx** [Internet]. Cannabis sativa L. (Cannabaceae): Ficha informativa; 2014 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/cannabaceae/cannabis-sativa/fichas/ficha.htm>.

-
44. **Díaz Argota JM** [Internet]. Cannabis Magazine: Cannabis sativa; 2015 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://www.cannabismagazine.es/digital/preparacion-de-tierras-para-cultivo-en-exterior>.
 45. **Tecnicoagricola.es** [Internet]. Descripción de la planta *Cannabis sativa*; 2012 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://www.tecnicoagricola.es/descripcion-de-la-planta-cannabis-sativa/>.
 46. **Masclef A.** Atlas des Plantes de la France. Francia: Belin; 1987.
 47. **Marihuanainforma** [Internet]. La botánica de la Cannabis sativa; 2011 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://marihuanainforma.wordpress.com/2011/07/06/la-botanica-de-la-cannabis-sativa/>.
 48. **Paris M, Nahas GG.** Botany: the unstabilized species. In: Marihuana in science and medicine. Nahas GG (ed). New York: Raven Press; 1984. pp.:3-36.
 46. **Pistils** [Internet]. Cannabis Magazine: Tricomas glandulares; 2016 [citado agosto 2016]. Disponible en: <http://www.cannabismagazine.es/digital/que-son-los-tricomas>.
 50. **Laskowska R.** Influence of the age of pollen and stigmas on sex determination in hemp. *Nature* 1961;192:147-148.
 51. **Botanical on line.com** [Internet] Propiedades de los alcaloides; 2017 [citado en Agosto 2017]. Disponible en: <https://www.botanical-online.com/alcaloides.htm>.
 52. **Salami M.** Cannabis Sativa. Barcelona: Dr. Grows Productions; 2008.
 53. **Delaferia.cl** [Internet]. ¿Cannabis sativa o indica? 2017 [citado en Agosto 2017]. Disponible en: <https://www.delaferia.cl/articulo/cannabis-sativa-indica/>.
 54. **Sensi Seed BV** [Internet]. Diferencia entre indica y sativa; 2017 [citado en agosto 2017]. Disponible en: <https://sensiseeds.com/es/info/faq/cual-es-la-diferencia-entre-indica-y-sativa/>.
 55. **Tierramadre** [Internet]. Grow-Shop: Marihuana: principales diferencias entre indica y sativa; 2012 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://www.tierramadre.es/blog/marihuana-diferencias-indica-sativa/>.
 56. **Ditchfield J.** Guía completa para el Cultivo del Cannabis. Barcelona: Grijalbo; 2008.
 57. **Delaferia.cl** [Internet]. Semillas feminizadas; 2017 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://www.delaferia.cl/shop/semillas/feminizadas/#/>.
 58. **Escohotado A.** La cuestión del cáñamo: una cuestión constructiva sobre el hachís y la marihuana. Barcelona: Anagrama; 1998.
 59. **Turner CE, Elsohly MA, Boeren EG.** Constituent of Cannabis sativa L. A review of the natural constituent. *J Nat Prod* 1980;43:169-234.
 60. **Fundación Canna** [Internet]. Artículos: ¿Que son los fitocannabinoides? 2014 [citado agosto 2017]. Disponible en: www.fundación-canna.es.
 61. **Waller CW.** Chemistry of marihuana. *Pharmacol Rev* 1971;23:265-271.
 62. **Fundación Canna** [Internet]. Artículos: Síntesis de los fitocannabinoides; 2014 [citado agosto 2017]. Disponible en: www.fundación-canna.es.
 63. **Ramos Atance JA, Fernández Ruiz JJ.** Cannabinoides: propiedades químicas y aspectos metabólicos. *Adicciones* 2000;12(Suppl 2):41-58.
 64. **Seth R, Sinha S.** Chemistry and pharmacology of cannabis. *Prog Drug Res* 1991;36:71-115.

-
65. **Burstein S.** The cannabinoid acids: nonpsychoactive derivatives with therapeutic potential. *Pharmacol Ther* 1999;82:87-96.
 66. **Ramos Atance JA, Fernandez Ruiz JJ.** Sistema Cannabinoide endógeno: ligandos y receptores acoplados a mecanismos de transducción de señales. *Adicciones* 2000;12(Suppl 2):59-82.
 67. **Hollister LE.** Structure-activity relationships in man of cannabis constituents, and homologs and metabolites of δ 9-tetrahydrocannabinol. *Pharmacology* 1974;11:3-11.
 68. **Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses (INTOX).** Ministerio de Justicia: Escala de calidad de la resina de Cannabis. Informe anual; 2013 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://www.mjusticia.gob.es/cs/Satellite/Portal/es/ministerio/organismos-ministerio-justicia/instituto-nacional/memorias>.
 69. **Karniol IG, Carlini EA.** Pharmacological interaction between cannabidiol and δ 9-tetrahydrocannabinol. *Psychopharmacologia* 1973;33:53-70.
 70. **Hollister LE, Gillespie H.** Interactions in man of delta-9-THC. II Cannabinol and cannabidiol. *Clin Pharmacol Ther* 1975;18:80-83.
 71. **Callado LF, Verdejo-García A.** Consumo de cannabis, juventud y género. *Trastor Adict* 2011;13:89-90.
 72. **Font-Mayolas S, Gras ME, Planes M.** Análisis del patrón de consumo de cannabis en estudiantes universitarios. *Adicciones* 2006;18:337-344.
 73. **Kemplay R, McBeeth L.** Joint rolling handbook. Barcelona: Virus Editorial; 2005.
 74. **Fernandez Ruiz J.** Formas de consumo de derivados del Cannabis. *Adicciones* 2000;12(Suppl 2):80.
 75. **Medranda I.** Consumo de cannabis en jóvenes españoles. *Rev Pediatr Aten Primaria* 2006;8:55-68.
 76. **Elephantos-shop** [Internet]. Catálogo de pipas; 2016 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://www.elephantos.com>.
 77. **Riera E.** Las mejores recetas con marihuana. Barcelona: RBA; 2001.
 78. **Gimenez N** [Internet]. Cómo hacer un cupcake de marihuana; 2017. [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://pevgrow.com/blog/delicioso-cupcake-marihuana/>.
 79. **Lajornada Baja California** [Internet]. Aceite de hachís. México; 2015 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://jornadabc.mx/tijuana/06-08-15/desmantelan-equipo-para-fabricar-aceite-de-hachis>.
 80. **Mikuriya T.** Manual médico de la marihuana. New York: Rosenthal; 2001.
 81. **Volkow ND, Baler RD, Compton WM, Weiss SR.** Adverse health effects of marijuana use. *N Engl J Med* 2014;370:2219-2227.
 82. **Verdejo-García A.** Efectos neuropsicológicos del consumo de cannabis. *Trastor Adict* 2011;13:97-101.
 83. **Wøien VA, Horwitz H, Høgberg LC, Askaa B, Jürgens G.** Cannabis--abuse and consequences. *Ugeskr Laeger* 2015;177:36-51.
 84. **Hortiguera R.** Marruecos, el primer exportador de Cannabis del mundo. *El Mundo*, España: 2015, mayo 3. Sección Internacional. p.1.

85. **Doncel JA** [Internet]. Las Historias de Doncel. Blog Didáctico de Historia y Geografía: La guerra y el protectorado español en Marruecos en el primer tercio del siglo XIX; 2012 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://jadonceld.blogspot.com.es/2012/02/la-guerra-y-el-protectorado-espanol-en.html>.
86. **Lamota.org** [Internet]. Blog. Cultura Cannábica: Los tambores de Ketama; 2014 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://www.lamota.org/es/blog/tambores-ketama/>.
87. **De la Cal L.** Ketama, la tierra donde crece el hachís de la mano de 'Gandalf'. *El Mundo*, España: 2017, noviembre 3. Crónica. p1.
88. **Web Oficial de la Guardia Civil** [Internet]. Ministerio del Interior. Gobierno de España: Gabinete de prensa. Notas de prensa; 2013 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://www.guardiacivil.es/prensa/noticias>.
89. **Marihuanatelevision.tv** [Internet]. Extracciones 02, hachís de Marruecos; 2017 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://marihuanatelevision.tv/extracciones-02-hachis-de-marruecos/>.
90. **Alchimiaweb.com** [Internet]. Como hacer hachís con CO₂ o hielo seco; 2016 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://www.alchimiaweb.com/blog/hacer-hachis-co2-o-hielo-seco/>.
91. **Arcuma** [Internet]. Comunidad Cannábica Online: Extracción de Hachís en frío; 2015 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://www.arcuma.com/dr.cannabis/>.
92. **Cannabismagazine.es** [Internet]. Extracción casera de hachis; 2016 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://www.cannabismagazine.es/digital/la-extraccion-casera-de-hachis>.
93. **Sancho RB.** Cannabis alquimicum. Alicante: Phantastica; 2001.
94. **Motherboard.vice.com** [Internet]. Así se fabrica el aceite de marihuana más potente del mundo; 2016 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://motherboard.vice.com/es/article/d7dzyk/as-se-hace-el-aceite-de-marihuana-ms-potente-del-mercado>.
95. **Hernando A** [Internet]. Blogspot.com: Química. Destilación por arrastre con vapor; 2013 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://formulacion-quimica.blogspot.com.es/2013/03/destilacion-por-arrastre-con-vapor.html>.
96. **Agencia EFE.** Interceptan un tráiler cargado de hachís en la A-45 a la altura de Lucena. *Diario de Córdoba*, 2017, octubre 27. Sucesos p.1.
97. **Europa Press.** Detenidas 28 personas de una red que gestionaba desde Málaga el transporte de gran cantidad de droga a Europa. *Málaga Hoy*, 2017 octubre 5. p.12.
98. **Reyes A.** Aduanas desmantela una organización de transporte de 'hachís' de Melilla. *El Faro de Melilla*, 2010, marzo 25. Sucesos y Seguridad p.1.
99. **Echarri C.** Cuando la droga viaja en el interior. *El Faro de Ceuta*, 2017, septiembre 24. Sucesos y Seguridad P.1.
100. **Ministerio del Interior.** Plan nacional sobre drogas. Informe anual sobre drogas, tabaco y alcohol; 2017.
101. **Faro de Vigo.es** [Internet]. Los médicos salvan la vida a un pontevedrés que llevaba bellotas de hachís en su cuerpo; 2012 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://www.farodevigo.es/portada-pontevedra/2012/06/28/medicos-salvan-vida-pontevedres-llevaba-bellotas-hachis-cuerpo/660630.html>.

102. **Cannabismagazine.es** [Internet]. Adulterantes del *Cannabis*. ¿Qué dicen los análisis de laboratorio? 2015 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://www.cannabismagazine.es/digital/adulterantes-del-cannabis-ique-dicen-los-analisis-de-laboratorio-iii>.
103. **Hanuš L, De La Vega D, Roman M, Tomiček P.** False hashish without cannabis resin. *Isr J Plant Sci* 2015;62:277-282.
104. **Caligiani A, Palla G, Bernardelli B.** GC-MS analysis of hashish samples: a case of adulteration with colophony. *J Forensic Sci* 2006;51:1096-1100.
105. **Fundación Canna** [Internet]. Estudio microbiológico en muestras de cannabis; 2014 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://www.fundacion-canna.es/estudio-microbiologico-y-cuantificacion-de-cannabinoides>.
106. **Threeblindants.com** [internet]. Plano de la CAM. 2017. [citado agosto 2017]. Disponible en: Threeblindants.com.
107. **Guangzhou Medical Limited** [Internet]. Congelador para las muestras; 2015 [citado agosto 2017]. Disponible en: http://es.made-in-china.com/co_guangzhou-medical/product-group/refrigerator-centrifuge_hygunnrrng_1.html.
108. **Departamento de Bioquímica, UAX.** Bioquímica [Cuadernos de prácticas 2,3]. 2º Curso Grado en Farmacia 2013-2014. Universidad Alfonso X El Sabio. 2013 [inédito].
109. **Bermejo Martínez F.** Química Analítica General, Cualitativa e Instrumental (6ª ed.). Madrid: Paraninfo S.A.; 1990. p. 1546.
110. **Informes de Bioquímica I** [Internet]. California: sites.google.com; 2005 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/informedebioquimica/hidrolisis-de-la-sacarosa>.
111. **Pérez Moreno M.** Identificación de drogas de abuso mediante técnicas coloriméricas. En: Manual de Farmacología. Vega Romero F, Veiga Herreros P, Martínez Roldan C, Sanchez Calabuig MA (Eds). Madrid: BDS Librería Editorial; 2013. p. 109-137.
112. **Departamento de Microbiología, UAX.** Microbiología [Guiones de prácticas 1,3,5]. 3er Curso Grado en Farmacia 2013-2014. Universidad Alfonso X El Sabio. 2013 [inédito].
113. **Brooks GF, Carroll KC, Butel JS, Morse SA.** Mietzner Jawetz, Melnick y Adelberg. Microbiología Médica (25ª ed.). Mexico: McGraw Hill; 2010. p. 65-70, 625-627, 651-652.
114. **3M Science** [internet]. Sample plates 3M Petrifilm™; 2013 [citado agosto 2015]. Disponible en: <http://multimedia.3m.com/mws/media/7775610/3m-petrifilm-plates-sample-plates.pdf>.
115. **Departamento de Farmacognosia, UAX.** Farmacognosia [Guión de prácticas 2]. 3er Curso Grado en Farmacia 2013-2014. Universidad Alfonso X El Sabio. 2013 [inédito].
116. **Wagner H, Bladt S.** Plant Drug Analysis. A Thin Layer Chromatography Atlas (2ª ed.). München: Springer; 2001. p. 149-152;281-283.
117. **ElSohly M, Chandra S.** Analytical HPLC. Scotts Valley, CA: American herbal Pharmacopoeia (AHP); 2013.
118. **Torrecilla Jiménez JM.** Fabricación y manipulación de sustancias de abuso: adulterantes e impurezas. En: Medicina legal en drogodependencias. Delgado S, Torrecilla JM (eds). Madrid: Harcourt; 2001. p.347-367.
119. **Diario Oficial de la Unión Europea** [Internet]. EUR-Lex: Reglamento de la Unión Europea de la Comisión del 5 de diciembre de 2007. Criterios microbiológicos aplicables a productos

- alimenticios. Publicado el 7 de diciembre de 2007. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=OJ:L:2007:322:TOC>.
120. **Gallet CA.** Can price get the monkey off our back? A meta-analysis of illicit drug demand. *Health Econ* 2014;23:55-68.
 121. **Pacula RL, Lundberg R.** Why changes in price matter when thinking about marijuana policy: a review of the literature on the elasticity of demand. *Public Health Rev* 2014;35:1-18.
 122. **Van Ours JC.** Cannabis use when it's legal. *Addict Behav* 2007;32:1441-1450.
 123. **Van Ours JC, Williams J.** Cannabis prices and the dynamics of cannabis use. *J Health Econ* 2007;26:578-596.
 124. **Chandra S, Chandra M.** Do consumers substitute opium for hashish? An economic analysis of simultaneous cannabinoid and opiate consumption in a legal regime. *Drug Alcohol Depend* 2015;156:170-175.
 125. **Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses (INTOX).** Ministerio de Justicia: Servicio de Drogas. Informes anuales; 2011-2015 [citado agosto 2017]. Disponible en: <http://www.mjusticia.gob.es/cs/Satellite/Portal/es/ministerio/organismos-ministerio-justicia/instituto-nacional/memorias>.
 126. **Delgado S, Torrecilla JM.** Medicina legal en drogodependencias. Madrid: Harcourt; 2001.
 127. **Delourme J, Delattre C, Godard P, Steenhouwer F, Just N.** Respiratory consequences of inhalation of adulterated cannabis. *Rev Mal Respir* 2009;26:552-556.
 128. **Scheel AH, Krause D, Haars H, Schmitz I, Junker K.** Talcum induced pneumoconiosis following inhalation of adulterated marijuana, a case report. *Diagn pathol* 2012;7:26.
 129. **Mégarbane B, Chevillard L.** The large spectrum of pulmonary complications following illicit drug use: features and mechanisms. *Chem Biol Interact* 2013;206:444-451.
 130. **Eskes D, Verwey AMA, Witta AH.** Thin-layer and gas chromatographic analysis of hashish samples containing opium. *Bulletin on Narcotics* (United Nations publication) 1973;25(1):41-47.
 131. **Abarca ML.** Taxonomía e identificación de especies implicadas en la aspergilosis. *Rev Iberoam Micol* 2000;17:79-84.
 132. **Alcalá L, Muñoz P, Bouza E.** Aspergillus y Aspergillosis. Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica: Revisiones Temáticas; 1997.
 133. **Caballero del Toro J.** Desarrollo de un nuevo modelo de aspergilosis pulmonar en rata: consideraciones previas, estudio comparativo y aplicaciones al diagnóstico de la enfermedad [Tesis Doctoral]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2005.
 134. **Van Den Bossche H, Cauwenbergh G, MacKenzie D.** Aspergillus and aspergillosis. New York: Springer Science; 1998.
 135. **Chusid MJ, Gelfand JA, Nutter C, Fauci AS.** Pulmonary aspergillosis, inhalation of contaminated marijuana smoke, chronic granulomatous disease. *Ann Intern Med* 1975;82:682-683.
 136. **Llamas R, Hart DR, Shneider NS.** Allergic bronchopulmonary aspergillosis associated with smoking moldy marijuana. *Chest* 1978;73:871-872.
 137. **Kagen SL.** Aspergillus: an inhalable contaminant of marijuana. *N Engl J Med* 1981;304:483-484.
 138. **Pascual Anderson R.** Microbiología alimentaria. Madrid: Diaz de Santos; 1992.

139. **ElSohly M, Chandra S.** Microbial and fungal limits. Scotts Valley, CA: American herbal Pharmacopoeia (AHP); 2013
140. **Vanhove W, Cuypers E, Bonneure AJ, Gotink J, Stassen M, Tytgat J, Van Damme P.** The health risks of Belgian illicit indoor cannabis plantations. *J Forensic Sci* 2018;63(6):1783-1789.
141. **Bonifaz Trujillo JA.** Micología médica básica. 5 ed. Mexico: McGraw Hill;2016. pp.:381-389.
142. **Fundación Canna** [Internet]. Artículos: Estudio microbiológico de muestras de Cannabis de los CSC de Cataluña; 2014 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://www.fundacion-canna.es/estudio-microbiologico-y-cuantificacion-de-cannabinoides>.
143. **Hazekamp A.** Una evaluación del nivel de calidad del cannabis medicinal de los Países Bajos. *Cannabinoids* 2006;1:1-9.
144. **Badilla S, Pérez Rocha J, Hernández Salón S, Wang Weng N, Morera Huertas J.** Evaluación de contaminantes microbianos en muestras de cannabis incautadas en Costa Rica. *Revista española de drogodependencias* 2016;41:56-66.
145. **Schwartz IS.** Fungal sinusitis and marijuana. *JAMA* 1987;5:2914-2915.
146. **Brooks GF, Carrol KC, Butel JS, Morse SA, Mietzner TA.** Jawetz, Melnick y Adelberg. Microbiología médica. 25th ed. México DF: McGraw-Hill; 2010.
147. **Fundación Vasca de salud Agroalimentaria (ELIKA)** [Internet]. *Escherichia coli*. Ficha Técnica; 2013 [citado agosto 2017]. Disponible en: http://www.elika.eus/datos/pdfs_agrupados/Documento84/3.Ecoli.pdf.
148. **Lopardi HA.** Introduccion a la microbiologia clinica. Buenos Aires: Editorial de la Universidad de la Plata; 2016.
149. **Puerta-García A, Mateos-Rodriguez F.** Enterobacterias. *Medicine* 2010;10:3426-3451.
150. **Mañas P, Castro E, de Las Heras J.** Irrigation with treated wastewater: effects on soil, lettuce (*Lactuca sativa* L.) crop and dynamics of microorganisms. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 2009;44(12):1261-1273.
151. **Zhang Y, Jewett C, Gilley J, Bartelt-Hunt SL, Snow DD, Hodges L, Li X.** Microbial Communities in the Rhizosphere and the Root of Lettuce as Affected by Salmonella-Contaminated Irrigation Water. *FEMS Microbiolol Ecol* 2018;13 Jul. DOI:10.1093/femsec/fiy135.
152. **Zhang Y, Sallach JB, Hodges L, Snow DD, Bartelt-Hunt SL, Eskridge KM, Li X.** Effects of soil texture and drought stress on the uptake of antibiotics and the internalization of Salmonella in lettuce following wastewater irrigation. *Environ Pollut* 2016;208(Pt B):523-531.
153. **Ai Laket** [Internet]. Informe de composición de drogas ilícitas 2013; 2014 [citado agosto 2017]. Disponible en: http://www.ailaket.com/?page_id=19/informes.
154. **Ai Laket** [Internet]. Informe de composición de drogas ilícitas 2014; 2015 [citado agosto 2017]. Disponible en: http://www.ailaket.com/?page_id=19/informes.
155. **Ai Laket** [Internet]. Informe de composición de drogas ilícitas 2015; 2016 [citado agosto 2017]. Disponible en: http://www.ailaket.com/?page_id=19/informes.
156. **Energy Control** [Internet]. Asociación Bienestar y Desarrollo: Servicio de Análisis de Sustancias, Informe 2014; 2015 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://energycontrol.org/mediateca/publicaciones.html>.

157. **Energy Control** [Internet]. Asociación Bienestar y Desarrollo: Servicio de Análisis de Sustancias, Informe 2015; 2016 [citado agosto 2017]. Disponible en: <https://energycontrol.org/mediateca/publicaciones.html>.
158. **Casajuana C, López-Pelayo H, Balcells MM, Colom J, Gual A.** Psychoactive constituents of cannabis and their clinical implications: a systematic review. *Adicciones* 2018;30:140-151.
159. **Lafaye G, Karila L, Blecha L, Benyamina A.** Cannabis, cannabinoids, and health. *Dialogues Clin Neurosci* 2017;19:309-316.
160. **Potter DJ, Clark P, Brown MB.** Potency of delta-9-THC and other cannabinoids in cannabis in England in 2005: implications for psychoactivity and pharmacology. *J Forensic Sci* 2008;53:90-94.
161. **Zamengo L, Frison G, Bettin C, Sciarrone R.** Variability of cannabis potency in the Venice area (Italy): a survey over the period 2010-2012. *Drug Test Anal* 2014;6(1-2):46-51. doi: 10.1002/dta.1515.
162. **Bruci Z, Papoutsis I, Athanaselis S, Nikolaou P, Pazari E, Spiliopoulou C, Vyshka G.** First systematic evaluation of the potency of Cannabis sativa plants grown in Albania. *Forensic Sci Int* 2012;222:40-46.
163. **Cascini F, Aiello C, Di Tanna G.** Increasing delta-9-tetrahydrocannabinol (Δ -9-THC) content in herbal cannabis over time: systematic review and meta-analysis. *Curr Drug Abuse Rev* 2012; 5:32-40.
164. **Dujourdy L, Besacier F.** A study of cannabis potency in France over a 25 year period (1996-2016). *Forensic Sci Int* 2017;272:72-80.
165. **ElSohly MA, Ross SA, Mehmedic Z, Arafat R, Yi B, Banahan BF 3rd.** Potency trends of delta-9-THC and other cannabinoids in confiscated marijuana from 1980-1997. *J Forensic Sci* 2000; 45:24-30.
166. **Niesink RJ, Rigter S, Koeter MW, Brunt TM.** Potency trends of Δ 9-tetrahydrocannabinol, cannabidiol and cannabinol in cannabis in the Netherlands: 2005-15. *Addiction* 2015;110:1941-1950.
167. **Freeman TP, van der Pol P, Kuijpers W, Wisselink J, Das RK, Rigter S, et al.** Changes in cannabis potency and first-time admissions to drug treatment: a 16-year study in the Netherlands. *Psychol Med* 2018;31:1-7.
168. **Potter DJ, Hammond K, Tuffnell S, Walker C, Di Forti M.** Potency of Δ 9 -tetrahydrocannabinol and other cannabinoids in cannabis in England in 2016: Implications for public health and pharmacology. *Drug Test Anal* 2018. [Epub ahead of print]
169. **Colizzi M, Bhattatacharyya S.** Does cannabis composition matter? Differential effects of delta-9-tetrahydrocannabinol and cannabidiol on human cognition. *Curr Addict Rep* 2017;4:62-74.
170. **Niesink RJ, van Laar MW.** Does Cannabidiol Protect Against Adverse Psychological Effects of THC? *Front Psychiatry* 2013;4:130. doi: 10.3389/fpsy.2013.00130.
171. **Ross S, ElSohly MA.** CBN and D9-THC concentration ratio as an indicator of the age of stored marijuana samples. *Bull Narc* 1997;49:139-147.